

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky

**Vliv plánovaných odstávek na spolehlivost distribuce
elektřiny**

**The Influence of Planned Outages on Power Distribution
Reliability**

2017

Ondřej Portužák

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Portužák**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Vliv plánovaných odstávek na spolehlivost distribuce elektřiny**
The Influence of Planned Outages on Power Distribution Reliability
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor distribučních sítí
2. Teorie spolehlivosti
3. Legislativa související s kvalitou dodávek elektřiny
4. Druhy plánovaných odstávek
5. Vliv plánovaných odstávek na spolehlivost distribuce elektřiny
6. Možnosti omezení vlivu plánovaných odstávek na spolehlivost distribuce elektřiny.
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Tůma J., Goňo R., Rusek S., Martínek Z., Chmišinec I.: Spolehlivost v elektroenergetice, Praha:ČVUT Praha 2006, 4, ISBN 80-239-6483-6

Hájek J. Martínek Z. Noháč.: Teorie spolehlivosti v elektrotechnice, skripta ZČU Plzeň 1994


Technická dokumentace ČEZ Distribuce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

PROHLÁŠENÍ

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 28. dubna 2017

Portužab

.....

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na spolehlivost dodávky elektrické energie. Je rozdělena na část teoretickou a práci praktickou. Teoretická část řeší teorii distribučních sítí, teorii spolehlivosti a druhy plánovaných odstávek, praktická část je pak zaměřena na tvorbu modelu části distribuční sítě, spolehlivostních schémat a v neposlední řadě jejich výpočtu. Závěrem je hodnocení výsledků spolehlivostních ukazatelů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Odstávka, distribuce, spolehlivost, elektrizační síť, legislativa, spolehlivostní schémata, globální ukazatele, SAIFI, SAIDI, CAIDI

ABSTRACT

This diploma thesis is focused to the power distribution reliability. It is divided to theoretical and practical parts. The theoretical part touches a theory of distribution power network, the theory of reliability and types of planned outages, the practical part is focused to modeling parts of distribution power nets, diagrams of reliabilities and their calculations. In the end there are evaluations of the results of the reliability parameters.

KEY WORDS

Outages, distribution net, reliability, electricity network, legislation, reliability diagrams, global indicators, SAIFI, SAIDI, CAIDI

SEZNAM NĚKTERÝCH POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

<i>Symbol</i>	<i>název</i>	<i>jednotka</i>
C	korekční koeficient	
CAIDI	Průměrná doba trvání výpadku u odběratele	(t.výpadek ⁻¹)
ČEPS,a.s,	Provozovatel přenosové soustavy ČR	
ČSN	Česká norma	
DS	Distribuční soustava	
ERÚ	Energetický regulační úřad	
ES	Elektrizační soustava	
EZ	Energetický zákon	
F(f)	Hustota poruch	(h ⁻¹)
K	Kabelové vedení	
M	Manipulace	
nn	nízké napětí	
N _x	Počet odběratelů	(osoba)
P	Pravděpodobnost	
PDS	Provozovatel distribuční soustavy	
PNE	Podniková norma	
PPDS	pravidla provozování distribuční soustavy	
PS	Přenosová soustava	
Q(t)	Pravděpodobnost poruchy	(-)
R(t)	Pravděpodobnost bezporuchového provozu	(-)
SAIDI	Průměrná systémová doba trvání výpadku	(t.rok ₋₁)
SAIFI	Průměrná systémová intenzita poruch	(výpadek.rok ⁻¹)
T(R)	Transformátor	
V	Vzdušné vedení	
Vn	Vysoké napětí	
Vvn	velmi vysoké napětí	
λ	Intenzita poruch	(h ⁻¹)
λ _G	Četnost výpadků	(výpadek.rok ⁻¹)
τ _G	Doba trvání jednoho výpadku	(t.výpadek ⁻¹)
τ _{GV}	Souhrnná doba trvání všech výpadků	(t.rok ₋₁)
τ _M	Manipulační čas	(h)

1. Obsah

2. ÚVOD	8
1. Teoretický rozbor distribučních sítí	9
1.1. Základní pojmy	9
1.2. Uspořádání distribuce	12
1.2.1 Principiální řešení elektrických sítí z hlediska uspořádání	12
1.3. Řízení distribučních sítí	12
1.1.1. Struktura, dispečerský řád	13
1.1.2. Systémové a podpůrné služby DS	13
1.1.1.1. Systémové služby DS	13
1.1.1.2. Podpůrné služby DS	13
2. Teorie spolehlivosti	14
2.1. Základní pojmy	14
2.2. Zajištění požadované kvality elektrické energie	15
2.3. Spolehlivostní vlastnosti a hlavní spolehlivostní ukazatele	16
2.4. Spolehlivost v elektroenergetice (PS a DS)	18
2.4.1. Základní pojmy	18
2.5. Metody výpočtu spolehlivosti	20
2.6. Metody výpočtu spolehlivosti	20
2.7. Globální ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie	20
2.8. Hladinové ukazatele (varianta omezení odběratelů)	21
2.9. Systémové ukazatele	22
2.10. Vztah klasických a globálních ukazatelů spolehlivosti	22
3. Legislativa	23
2.11. Energetický zákon	23
2.11.1. Část první	23
2.11.2. Část druhá až dvanáctá	24
2.12. Kritéria přenosu elektrické energie	25
2.13. Podnikové normy	26
2.14. Druhy odstávek	26
2.15. Rozdělení odstávek	27
4. Vliv plánovaných odstávek na spolehlivost distribuce	27
5. Modelové situace výpočtu spolehlivosti sítě	30
5.1. Postup výpočtu	30

5.2.	Příklady	30
5.2.1.	Model 1	30
5.2.1.1.	Normální stav	30
5.2.1.2.	Odstávka V_2 110	35
5.2.1.3.	Odstávka V_1 110	40
5.2.1.3.1.	Současná odstávka V_1 110 a V_2 110	45
5.2.2.	Model 2	52
5.2.2.1.	Normální stav	52
5.2.2.1.1.	Odstávka V_2 110	56
5.2.2.2.	Odstávka V_1 110	63
5.2.2.3.	Současná odstávka V_1 110 a V_2 110	70
5.2.3.	Model 3	73
5.2.3.1.	Normální chod.....	73
5.2.3.2.	Současná odstávka V_1 110 a V_2 110	77
6.	Hodnocení výsledků.....	80
7.	Metodika výpočtu nákladů na odstávky.....	81
8.	Závěr	82
9.	Použitá literatura	83

2. ÚVOD

Spolehlivost byla v historii vždy důležitým parametrem, ať již se pod tímto slovem mohlo skrývat opravdu cokoli v různých oblastech lidského poznání i kultury. Spolehlivost v elektroenergetice není v tomto slova smyslu výjimkou, spíše naopak. Čím dál více se v dnešní době dává důraz na spolehlivou a kvalitní dodávku elektrické energie od výroby až k poslednímu koncovému uživateli. Spolehlivost má však dnes mnohem širší význam. Elektrizační síť je tepnou každé vyspělé civilizace a bez vědomí, že by nefungovala tak jak má by se nedalo prakticky moderně žít. Z tohoto důvodu je právě spolehlivost celé elektrizační sítě jako celku, tak každého jeho prvku důsledně hlídána, na tuto potřebu se vynakládá čím dál více prostředků i pracovníků a jedná se o jedno z důležitých a do budoucna se rychle rozvíjejících odvětví energetiky.

Předkládaná diplomová práce si klade za cíl zopakovat a představit základní teoretické znalosti z okruhu spolehlivosti, konkrétněji pak distribučních sítí a dále názorně ukázat, jak probíhá získání konečných a pro okolí vhodných výsledků, tedy spolehlivostních ukazatelů a jak se dají tyto výsledky vyhodnotit.

1. TEORETICKÝ ROZBOR DISTRIBUČNÍCH SÍTÍ

1.1. Základní pojmy

Elektrizační soustava (ES) je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek a přímých vedení, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.

Distribuční soustava (DS) je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV a 35 kV, sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území ČR, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky; DS jsou zřizovány a provozovány ve veřejném zájmu.

Posláním DS je bezpečně a hospodárně zásobovat odběratele elektřinou v požadovaném množství a kvalitě v daném čase a poskytovat distribuční služby uvnitř i vně soustavy provozovatele DS. Kromě toho zajišťuje systémové a podpůrné služby na úrovni DS.

Normální stav je stav soustavy, kdy jsou všechny provozní hodnoty systémových veličin v dovolených mezích, kdy je splněno pro vedení 110 kV a přípojnice stanic 110 kV/vn napájejících distribuční síť kritérium N-1 a v sítích vn a nn není pro poruchu, revizi nebo údržbu omezena doprava elektřiny odběratelům nebo výrobcům.

Plánovací a přípojovací předpisy pro DS poskytnou uživatelům informace o standardech dodávky elektřiny nabízené DS, o zásadách jejího rozvoje i o technických požadavcích, které musí k ní připojení uživatelé splňovat. Zvláště jsou definovány požadavky na připojení výroben. Dále umožňuje tato část pravidel příslušnému uživateli získat od provozovatele DS přehled o distribučních a výrobních kapacitách, zatížení a některé další informace o DS.

Plánování rozvoje DS je souhrn činností zajišťujících technicky i ekonomicky optimální rozvoj DS dle přijatých standardů rozvoje DS ve vazbě na rozvoj všech jejích současných i budoucích uživatelů.

Pravidla provozování distribuční soustavy (PPDS) je soubor veřejně dostupných dokumentů specifikujících zásady působnosti provozovatele a uživatelů DS, schválený Energetickým regulačním úřadem (ERÚ).

PPDS definují technické aspekty provozních vztahů mezi provozovatelem DS a všemi dalšími uživateli připojenými k DS. Ustanovení PPDS jsou společná a závazná pro všechny provozovatele a uživatele DS. Kromě PPDS musí provozovatelé DS plnit své závazky z licence, z obecných právních předpisů a z Pravidel provozování přenosové soustavy (PPPS).

Protože PPPS specifikují všechny technické aspekty požadavků na rozhraní mezi PS a DS, nejsou již v PPDS práva a povinnosti provozovatele PS podrobně uváděny.

PPPS a PPDS jsou nezbytná k tomu, aby společně zajistila rozčlenit:

- Celkově efektivní provoz ES
- Přiměřenou prakticky dosažitelnou míru zabezpečení zákazníka elektřinou a kvality dodávek
- Průhledná a nediskriminační pravidla přístupu všech uživatelů k sítím

PPDS však neobsahují úplně všechny předpisy, které mají uživatelé připojení k DS dodržovat. Tito uživatelé musí dále respektovat i ostatní příslušné právní předpisy a technické normy, bezpečnostní předpisy, předpisy požární ochrany, ochrany životního prostředí a předpisy pro dodávku elektřiny.

PPDS sestávají ze dvou hlavních částí:

- Plánovacích a připojovacích předpisů pro DS
- Provozních předpisů pro DS

PPDS se vztahují na:

- Provozovatele DS
- Provozovatele PS
- Provozovatele lokálních DS
- Provozovatele výroben připojených do DS
- Obchodníky s elektřinou
- Zákazníky

Některé části PPDS se vztahují jen na určité kategorie uživatelů DS, a to podle typu připojení nebo charakteru užívání DS. Všichni uživatelé však musí znát a respektovat ta ustanovení pravidel, která se jich týkají.

Pravidla provozování PS (PPPS) definují technické aspekty provozních vztahů mezi provozovatelem PS a všemi dalšími uživateli připojenými k PS. Některá jeho ustanovení se vztahují i na výrobu elektřiny ve výrobnách připojených do DS.

Provozní předpisy pro DS obsahují provozní záležitosti, které ovlivňují uživatele a vyžadují jeho součinnost, jako ustanovení o odhadech předpokládané poptávky, o plánování odstávek DS a výroben, o hlášení provozních změn a událostí, o bezpečnosti zařízení DS a o postupech při mimořádných událostech.

Při provozování DS jsou provozovatelé DS povinni zajistit nediskriminační přístup k DS všem oprávněným uživatelům.

Užívání DS může mít různý charakter:

- a) Dodávku elektřiny do DS (přes vstupní místa připojení):
 - Z PS
 - Z výroby připojené do DS
 - Z jiné DS
 - Mezistátní
- b) Dodávku elektřiny z DS do PS
- c) Odběr elektřiny z DS (přes výstupní místa připojení):
 - K zařízení zákazníka
 - Do jiné DS mezistátní
- d) Distribuci elektřiny po DS mezi vstupními a výstupními místy připojení
- e) Zajištění systémových a podpůrných služeb (např. regulace výkonu a napětí), pohotovostních dodávek a krytí spotřeby odběratele ze strany provozovatele DS tam, kde došlo k výpadku vlastního zdroje odběratele nebo tento zdroj odběrateli nepostačuje nebo došlo k výpadku dodávky od smluvního dodavatele.

Různé druhy užívání DS vyžadují různé typy smluv mezi provozovatelem DS a uživateli, které případně upravují i technické řešení míst připojení. Vždy však musí zajistit dodržování příslušných ustanovení PPDS. Pokud některý druh užívání DS předpokládá současně i užívání PS, musí uživatel uzavřít smlouvu i s provozovatelem PS a respektovat PPPS.

Provozovatel DS (PDS) je fyzická či právnická osoba, která je držitelem licence na distribuci elektřiny; na částech vyjmutých z vymezeného území provozovatele velké regionální DS mohou působit provozovatelé lokálních DS s vlastním vymezeným územím. Provozovatel DS odpovídá za její bezpečný a spolehlivý provoz způsobem přiměřeným ochraně životního prostředí a za její rozvoj. Činí tak prostřednictvím svého technického dispečinku provozovatele DS (pokud ho zřídil) a svých provozních a rozvojových útvarů.

Provozovatel DS je povinen na vymezeném území na základě uzavřených smluv umožnit distribuci elektřiny, připojit k DS každého a umožnit distribuci elektřiny každému, kdo o to požádá a splňuje podmínky dané Energetickým zákonem (EZ), jeho prováděcími vyhláškami a PPDS. Místo a způsob připojení k DS se určí tak, aby nedošlo k přetížení nebo překročení parametrů žádného prvku sítě.

Řízení provozu DS v reálném čase je činnost při dispečerském řízení DS probíhající v reálném čase, při které se uskutečňují záměry stanovené přípravou provozu při současném řešení vlivu nepředvídaných provozních událostí v PS a DS.

Výpadek DS je stav, kdy celá DS nebo její významná část je bez napětí.

1.2. Uspořádání distribuce

1.2.1 Principiální řešení elektrických sítí z hlediska uspořádání

Sítě mohou být z hlediska uspořádání řešeny jedním ze dvou základních způsobů:

- Jako otevřený rozvod, kde je elektrická energie ke spotřebiči dodána jednou cestou
- Jako uzavřený rozvod, kde napájení lze zajistit vždy ze dvou nebo více stran

K prvnímu způsobu patří paprskový rozvod a průběžný rozvod, ke druhému způsobu patří okružní rozvod a mřížová síť. Výběr vhodného druhu rozvodu závisí na způsobu provozu řešené soustavy, jak z hlediska rozdělování výkonu, tak i z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti.

Distribuční soustava 110 kV tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Síť zajišťují tranzit elektřiny z uzlových transformoven zvn/vvn a vvn/vvn do transformoven 110/vn kV. Do těchto sítí je vyveden výkon řady elektráren o výkonech desítek MW, jsou provozovány zpravidla jako okružní a zvolenému způsobu provozu odpovídá i použitý systém chránění distančními ochranami. Síť se vyznačuje spolu s vedením zvn a vvn přenosové soustavy vysokou spolehlivostí, velice nízkou četností poruch a díky způsobu provozu a zálohování většina poruch při správném působení ochranných systémů nezpůsobí přerušení dodávky elektřiny odběratelům. Vedení jsou nejčastěji konstruována jako dvojítá (dvě vedení na jednom stožáru), nicméně v ČR se vyskytují i vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná.

Distribuční síť vn jsou tvořeny venkovními a kabelovými vedeními provozovanými v převážné míře s napětím 22 kV, resp. 35 kV. Z minulosti jsou v provozu síť s napětím 3, 6 a 10 kV. Tyto síť ale nejsou dále rozvíjeny a jsou v rámci unifikace nahrazovány napěťovou hladinou 22 kV, resp. 35 kV. V drtivé většině jsou tyto síť provozovány paprskově, případně formou průběžného rozvodu. V městských aglomeracích toto řešení většinou umožňuje řadu propojení do dvojpaprskového nebo okružního rozvodu.

Distribuční síť nn jsou provozovány převážně paprskovým a průběžným rozvodem, husté městské síť jsou provozovány jako mřížové.

1.3. Řízení distribučních sítí

Provozovatel distribuční soustavy je povinen zřídit a provozovat technický dispečink v případě, že provozuje zařízení s napětím 110 kV.

Dispečink provozovatele distribuční soustavy odpovídá za dispečerské řízení výroby a distribuci elektřiny v distribuční soustavě.

Při dispečerském řízení předávaných výkonů v reálném čase je dispečink provozovatele přenosové soustavy nadřízen dispečinkům provozovatelů distribučních soustav.

1.1.1.Struktura, dispečerský řád

Dispečerské řízení distribuční soustavy je zakotveno v legislativě ve vyhlášce 79/2010 Sb. o dispečerském řízení elektrizační soustavy a o předávání údajů pro dispečerské řízení, která mj. uvádí rozdělení činností dispečerského řízení na:

- Přípravu provozu elektrizační soustavy
- Operativní řízení provozu elektrizační soustavy
- Hodnocení provozu elektrizační soustavy

1.1.2.Systémové a podpůrné služby DS

1.1.1.1. Systémové služby DS

Systémové služby DS jsou činnosti prováděné PDS v rozsahu jeho povinností a kompetencí pro zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy ČR, pro zajištění služeb distribuce a takových parametrů DS, při nichž jsou dodrženy standardy kvality dodávek elektřiny a souvisejících služeb. K systémovým službám zajišťovaným PDS patří zejména:

Obnova provozu distribuční soustavy – Proces postupné obnovy napětí v jednotlivých částech DS po přerušení dodávky z celé PS nebo jednotlivých předávacích míst PS/DS do DS a ztrátě synchronismu části nebo celé DS s PS na základě předem určených priorit odběratelů a při ostrovním provozu části DS s vhodnými zdroji.

Zajištění kvality napěťové a proudové sinusovky – Součástí této služby zajišťované PDS je monitorování kvality dodávané/odebírané elektřiny v DS, zjišťování zdrojů snižování kvality, návrhy, případně i realizace opatření na úrovni DS a sledování efektivnosti jejich působení.

Regulace napětí a jalového výkonu v DS – Úlohou regulace napětí a jalového výkonu v DS je udržování zadaných hodnot napětí a toků jalového výkonu předepsaných PDS ve vybraných uzlech DS.

1.1.1.2. Podpůrné služby DS

Úloha podpůrných služeb spočívá především v:

- Udržování stabilní frekvence
- Zjištění výkonové rovnováhy mezi výrobou a spotřebou v každém časovém okamžiku
- Udržování požadované hladiny napětí
- Obnova soustavy po výpadku typu black-out [1]

2. TEORIE SPOLEHLIVOSTI

2.1. Základní pojmy

Spolehlivost je definována jako obecná vlastnost objektu spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. Spolehlivost je komplexní vlastnost, která zahrnuje dílčí spolehlivostní vlastnosti, jako např. bezporuchovost, životnost, udržitelnost, skladovatelnost a jiné vlastnosti.

Bezporuchovost je schopnost objektu plnit nepřetržitě požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. Číselně se vyjadřuje např. pravděpodobností bezporuchového provozu v daném intervalu, intenzitou poruch, střední dobou bezporuchového provozu apod.

Bezpečnost je vlastnost objektu neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. Číselně se vyjadřuje např. pravděpodobností výskytu nebezpečné poruchy v daném časovém intervalu, intenzitou nebezpečných poruch apod.

Objekt je předmět stanoveného určení uvažovaný z hlediska jeho zamýšleného poslání, jehož spolehlivost se studuje, zkoumá nebo zkouší. Objektem může být systém (soustava) nebo jeho (její) prvek.

Prvek je samostatně uvažovaná část objektu.

Systém (soustava) je souhrn vzájemně spjatých prvků určených k plnění předepsaných funkcí.

Porucha je jev spočívající v ukončení provozuschopného stavu objektu.

Poruchy mohou mít nejrůznější příčiny a mohou také různě ovlivňovat schopnosti provozu. Poruchy se třídí podle několika hledisek. Podle povahy vzniku se dělí na *náhlé* a *postupné*, podle vlivu na schopnost provozu se rozlišují poruchy *úplné* a *částečné*. Zhoršení schopnosti provozu, které ještě nezpůsobí poruchu, se označuje jako závada. Havarijní porucha způsobí okamžitou a úplnou ztrátu schopnosti provozu. Degradáční porucha znamená částečnou poruchu vzniklou postupným zhoršením schopnosti provozu.

Provozuschopný stav je stav objektu, ve kterém je objekt schopen plnit (nebo plní) stanovené funkce a dodržuje hodnoty stanovených parametrů v mezích, stanovených technickou dokumentací.

Údržba je činnost, konaná za účelem udržení objektu v provozuschopném stavu po dobu stanovenou technickými podmínkami. Spočívá (v pravidelně prováděné) kontrole stavu objektu a v provedení preventivních zásahů. Používá se též názvu “preventivní údržba”.

Oprava je souhrn činností konaných po poruše za účelem navrácení objektu do provozuschopného stavu.

Ukazatel spolehlivosti je kvantitativní charakteristika jedné nebo několika vlastností, tvořících spolehlivost objektu.

Částečné poruchy se projevují v počátečním období provozu. Jejich výskyt s rostoucím časem klesá. Příčinou těchto poruch jsou nedostatky při návrhu a výrobě. Poruchy dožitím vznikají následkem opotřebení a stárnutí. Opotřebení znamená ve spolehlivosti postupné změny znaků soustavy nebo prvku, které jsou vyvolány zatížením způsobeným pouze provozními podmínkami. Stárnutí znamená změny vzniklé zatížením mimo provoz.

V teorii spolehlivosti se uvažují pouze náhodné poruchy, které vznikají bez zjevných předchozích příčin. Ostatní poruchy, které lze vysvětlit a předpovědět podle jiných závislostí, nejsou náhodné. Podle souvislosti s jinými poruchami se poruchy dělí na závislé a nezávislé. Závislá porucha vzniká následkem poruchy jiného prvku, nezávislá nikoliv. Podle doby trvání se rozlišují poruchy trvalé a dočasné. Trvalou poruchu je možno odstranit pouze opravou nebo náhradou porouchaného prvku, dočasné poruchy mohou samovolně vymizet nebo trvají jen po dobu působení vnějšího vlivu.

2.2. Zajištění požadované kvality elektrické energie

Kvalita elektrické energie je určována hodnotami provozních parametrů těch uzlů ES, ze kterých jsou napájeni odběratelé elektrické energie.

Hlavními provozními parametry, podle kterých je posuzována kvalita elektrické energie, jsou kmitočet a napětí. Dalšími určujícími provozními parametry jsou podíl vyšších harmonických v křivce napětí a symetričnosti napětí.

Spolehlivost dodávky elektrické energie odběratelům v sobě zahrnuje přerušení dodávky elektrické energie a nepřípustné snížení kvality její dodávky. Příčiny, vedoucí přerušení dodávky, nebo snížení kvality, mají charakter náhodných jevů. Jsou způsobovány např. poruchami v ES, nesprávnou predikcí potřebného elektrického výkonu a energie při přípravě provozu, živelnými pohromami mající vliv na výkony elektráren apod.

Při oceňování ztrát, vznikajících v důsledku přerušení dodávky elektrické energie, přihlížíme i k různé citlivosti odběratelů na dobu přerušení dodávky. Podle tohoto hlediska rozdělujeme odběratele do pěti charakteristických skupin.

- Do první skupiny zahrnujeme odběratele, u kterých vzniklá škoda závisí pouze na velikosti doby přerušení dodávky. U těchto odběratelů jsou ztráty spojeny s nevyrobením určitého množství produkce a proto přímo úměrné množství nedodané energie, při dané době přerušení napájení jsou úměrné odebíranému výkonu.
- Druhá skupina je představována odběrateli, u kterých vzniklá škoda nezávisí jenom na množství nevyrobené produkce po dobu přerušení napájení, ale hlavně je způsobena narušením technologického procesu. Pro opětovné zahájení technologického procesu je potřeba určité doby a vzniklá škoda je vázána i na délku tohoto období.
- Třetí skupina odběratelů je tvořena takovými technologiemi odběru elektrické energie, u nichž mimo škod vzniklých důsledkem narušení technologického procesu dochází ještě ke zničení produkce.
- Čtvrtá skupina je složena z odběratelů, u nichž při přerušení napájení může dojít k poškození technologického zařízení. V této skupině jsou potom ztráty mimořádně velké, závislé na době trvání opravy, eventuálně výměny zařízení.
- Mimo uvedené čtyři skupiny jsou odběratelé, u kterých přerušení napájení je nepřípustné z technologických příčin (např. nebezpečí výbuchu), dále nemocnice, doprava, důležité služby apod. Přerušení dodávky elektrické energie u těchto odběratelů je jistěno jednak opatřeními u dodavatele, jednak zařízeními u odběratele.

2.3. Spolehlivostní vlastnosti a hlavní spolehlivostní ukazatele

Základním ukazatelem bezporuchovosti neopravovaných výrobků je pravděpodobnost bezporuchového provozu a z ní odvozené veličiny: pravděpodobnost poruchy, hustota poruch, intenzita poruch a střední doba bezporuchového provozu. Bezporuchovost opravovaných výrobků se měří dalšími, nyní zde nezavedenými, veličinami. Bezporuchovost objektů zpravidla sledujeme v závislosti na čase, někdy ji lze sledovat v závislosti na jiné veličině než čas (např. počet sepnutí spínače). V dalším budeme předpokládat, že objekt může být buď ve stavu bezporuchového provozu nebo ve stavu poruchy, a že přechod mezi těmito dvěma stavy je okamžitý.

Pravděpodobnost bezporuchového provozu objektu v časovém intervalu od 0 do t je pravděpodobnost, že v tomto časovém intervalu porucha objektu nenastane.

$$R(t) = P(x \geq t) \quad (2.1)$$

kde x je náhodná veličina doba do poruchy.

Pravděpodobnost poruchy objektu je pravděpodobnost, že v daném časovém intervalu porucha nastane.

$$Q(t) = P(x < t) = 1 - R(t) \quad (2.2)$$

$R(t)$ je nerostoucí funkce času, $Q(t)$ je neklesající funkce času. Obě veličiny jsou kladná bezrozměrná čísla nejvýše rovna jedné. Zpravidla předpokládáme, že $R(0)=1$, $R(\infty)=0$.

Hustota pravděpodobnosti poruchy (hustota poruch) příslušná k distribuční funkci $Q(t)$ je dána vztahem:

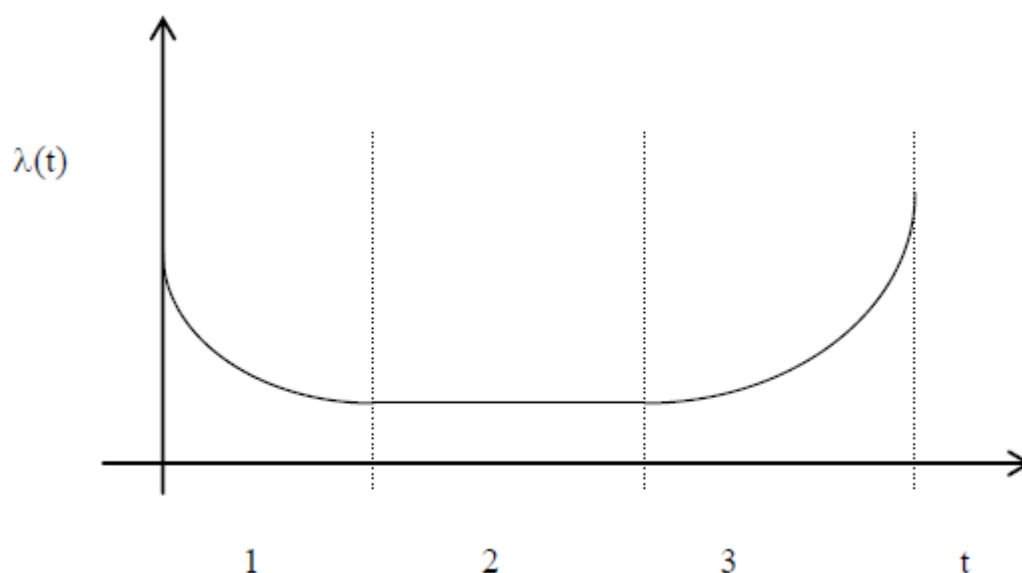
$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (2.3)$$

Intenzita poruch je parametr, kterým se bezporuchovost neopravovaného prvku udává nejčastěji. Je definována jako poměr hustoty pravděpodobnosti poruchy a pravděpodobnosti bezporuchového provozu

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.4)$$

Veličiny $f(t)$ a $\lambda(t)$ mají rozměr (čas⁻¹), obvykle se udávají v jednotkách (h⁻¹) nebo (rok⁻¹). Každá ze 4 základních veličin $R(t)$, $Q(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ popisuje stejné, úplnou bezporuchovost neopravovaného objektu a z každé z nich je možné odvodit 3 zbývající.

Typický tvar intenzity poruch zobrazuje **vanová křivka** (obr. 2.1)



Obr. 2.1

Příčemž se obvykle dělí na 3 úseky: (1, 2, 3)

- 1) Období časných poruch (období počátečního provozu)
- 2) Období normálního využívání (poruchy náhodné bez zjevných příčin)
- 3) Období poruch dožitím

2.4. Spolehlivost v elektroenergetice (PS a DS)

2.4.1. Základní pojmy

Porucha – přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny do odběrného místa nebo předávacího místa po dobu delší než 3 minuty, které vzniklo v důsledku narušení nebo poškození zařízení přenosové nebo distribuční soustavy, s výjimkou výpadku pojistky v hlavní domovní kabelové nebo pojistkové skříní u konečného zákazníka. Následná porucha bez příčinné souvislosti s poruchou předcházející je považována za poruchu novou.

Obnovení dodávky – obnovení schopnosti přenosové nebo distribuční soustavy dodávat, přenášet nebo distribuovat do odběrného místa nebo předávacího místa elektřinu v množství a kvalitě podle technických norem a uzavřených smluv. Obnovením dodávky, přenosu nebo distribuce se rozumí i stav náhradního zapojení odběrného místa nebo předávacího místa včetně případného omezení množství dodávané elektřiny, které je sjednáno ve smlouvě o připojení, smlouvě o přenosu elektřiny nebo ve smlouvě o distribuci elektřiny.

Přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny – každé poruchové, plánované nebo vynucené přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny po dobu delší než 3 minuty, bez ohledu na příčinu vzniku přerušení. Za přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny není považováno přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny konečnému zákazníkovi, jehož příčinou je jeho vlastní odběrné elektrické zařízení.

Poruchové přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny:

- Přerušení při vzniku a odstraňování poruchy
- Přerušení způsobené samočinným vypnutím zařízení přenosové nebo distribuční soustavy nebo bezdůvodné vypnutí zařízení přenosové nebo distribuční soustavy jejím provozovatelem
- Beznapěťový stav v přenosové nebo distribuční soustavě, který vznikl v důsledku přerušení dodávky elektřiny mimo tuto soustavu nebo u výrobce

Vynucené přerušení dodávky – přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny v případě nutnosti vypnutí zařízení přenosové nebo distribuční soustavy z důvodu zásahu nebo požadavku třetí osoby nebo v případě samočinného vypnutí zařízení přenosové nebo distribuční soustavy.

Plánované přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny – přerušení v souvislosti s plánovanými pracemi při provozování a údržbě.

Mimořádné přerušení dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny – všechna vynucená přerušení v případech stavů nouze nebo předcházení stavů nouze.

Standardy kvality dodávek, přenosu a distribuce elektřiny a souvisejících služeb se člení na:

- Garantované standardy stanovující kvalitu dodávek, přenosu a distribuce elektřiny a souvisejících služeb, která musí být dosažena v každém individuálním případě (Standard obnovy dodávky, přenosu a distribuce elektřiny po poruše, Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení dodávky elektřiny, Standard výměny poškozené pojistky, Standard kvality elektřiny, Standard lhůty pro vyřízení stížnosti na kvalitu elektřiny, Standard lhůty pro odstranění příčin snížené kvality elektřiny, Standard zaslání stanoviska nebo vyjádření k žádosti o připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě, Standard umožnění dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny, Standard obnovy dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny po odpojení z důvodu prodlení zákazníka s úhradou plateb za odebranou elektřinu nebo poskytnutý přenos nebo distribuci, Standard lhůty pro vyřízení stížnosti na měření dodávky elektřiny, Standard lhůty pro vyřízení stížnosti na vyúčtování dodávky elektřiny a Standard sjednání termínu prohlídky odběrného místa konečného zákazníka).
- Obecný standard sloužící k porovnání výkonnosti provozovatele přenosové soustavy nebo provozovatelů distribučních soustav (Standard plynulosti dodávek, přenosu nebo distribuce elektřiny).

Většina spolehlivostních výpočtů probíhá tak, že ze znalosti spolehlivosti jednotlivých prvků systémů je proveden výpočet celkové spolehlivosti systému. Proto spolehlivostní výpočty mají dvě základní fáze:

1. Získání vstupních spolehlivostních údajů: podle způsobu získání vstupních dat pro výpočet dělíme spolehlivosti do dvou skupin:
 - **Spolehlivost empirická** – vstupní údaje jsou získány z údajů o činnosti daného zařízení, nebo podobného zařízení, pracujícího v podobných podmínkách

- **Spolehlivost apriorní** – vstupní údaje jsou určeny předem

2. Výpočet spolehlivosti

2.5. Metody výpočtu spolehlivosti

Pro řešení spolehlivosti systémů existuje celá řada metod, které většinou řeší spolehlivost systému při známé spolehlivosti prvků systému. Výsledná spolehlivost je řešena v ustáleném stavu (nezávisle na čase) nebo jako časová funkce. Systém je ve spolehlivosti definován jako souhrn vzájemně vázaných prvků. Prvkem může být součást, skupina součástí, celé zařízení nebo soubor zařízení. Rozkladem soustavy na prvky lze popsat systém blokových schématem. Prvky se obvykle považují jako dvoustavové, mohou se tedy vyskytovat v provozuschopném stavu, nebo ve výpadku.

Při určení metody spolehlivosti je nutno vycházet z toho, jaký systém je řešen, jaké jsou k dispozici vstupní hodnoty spolehlivosti a v jakém tvaru je požadován výsledek výpočtu. Dále je důležité, chceme-li hodnoty ustálené spolehlivosti, nebo hodnoty spolehlivosti závislé na čase.

2.6. Metody výpočtu spolehlivosti

Základní metody výpočtu spolehlivosti:

- 1) Metoda spolehlivostních schémat
- 2) Markovovy procesy
- 3) Simulační metody (Metoda Monte-Carlo)

2.7. Globální ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie

Používají se k vyčíslení spolehlivosti dodávky elektrické energie do určené oblasti.

Rozlišujeme tyto globální ukazatele spolehlivosti:

- Četnost výpadků (počet výpadků/rok/odběratele)
- Celková doba trvání všech výpadků (min/rok/odběratele)
- Doba trvání jednoho výpadku (min/výpadek)

Tyto ukazatele charakterizují střední průměrnou spolehlivost dodávky a její důsledky z pohledu odběratele. Jsou využívány především ve vztahu k Energetickému regulačnímu úřadu, k poradenským firmám i k vzájemnému porovnání mezi rozvodnými elektroenergetickými akciovými společnostmi (REAS). Ve vztahu k běžným odběratelům jsou však důležité meze, ve kterých se tyto ukazatele v REAS pohybují a rozdělují jejich četnosti. Jsou tři základní přístupy ke stanovení globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky z distribučních sítí vyvolaných nahodilými nebo plánovanými přerušeními dodávky:

- Důsledky výpadku se vztahují na počet odběratelů postižených výpadkem
- Důsledky výpadku se vztahují na nedodaný výkon (instalovaný nebo deklarovaný)
- Důsledky výpadku se vztahují na počet postižených stanic nebo transformátorů

Ukazatelé se vypočtou pro jednotlivé napěťové hladiny. Ve vyhodnocení musí být uvedeno, jakého postupu bylo při výpočtu použito. Jedno událost v distribuční soustavě může vést k několika výpadkům, které postihnou některé nebo všechny původně postižené odběratele, v některých případech však i další odběratele. Ve výpočtu se musí uvážit všechny relevantní výpadky a jejich důsledky pro odběratele.

2.8. Hladinové ukazatele (varianta omezení odběratelů)

Jedná se o variantu, kdy se zaznamenává nebo se může stanovit odhadem počet postižených odběratelů a doba trvání výpadku.

Pro tuto variantu platí následující vztahy:

Četnost výpadků λ_G

$$\lambda_G = \frac{\sum_j n_j}{N_S} \quad (\text{výpadek} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (2.5)$$

Souhrnná doba trvání všech výpadků vztahena na jednoho odběratele τ_{GV}

$$\tau_{GV} = \frac{\sum_j (n_j \cdot t_j)}{N_S} \quad (\text{min} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (2.6)$$

Doba trvání jednoho výpadku τ_G

$$\tau_G = \frac{\sum_j (n_j \cdot t_j)}{\sum_j n_j} \quad (\text{min} \cdot \text{výpadek}^{-1}) \quad (2.7)$$

Kde

n_j	počet odběratelů ve skupině postižených odběratelů j	(-)
t_j	střední doba trvání výpadku pro odběratele skupiny j	(min)
N_S	celkový počet zásobovaných odběratelů	(-)

2.9. Systémové ukazatele

První ukazatel je označován **SAIFI** a je to průměrná systémová intenzita poruch.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (\text{výpadek} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (2.8)$$

Hodnota tohoto ukazatele by se dala rovněž vyjádřit jako poměr počtu odběratelů, kteří byli postihnuti za rok jedním výpadkem, k celkovému počtu odběratelů. Způsob vyjádření závisí na tom, které vstupní údaje jsou k dispozici.

Druhý spolehlivostní ukazatel je označován **SAIDI** a je to průměrná systémová doba trvání výpadku.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (\text{min} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (2.9)$$

Hodnota tohoto ukazatele může být také definována jako poměr počtu odběratelů postižených za rok jednodominutovým výpadkem k celkovému počtu odběratelů.

Třetím spolehlivostní ukazatel je označen **CAIDI** a je to průměrná doba trvání výpadku u odběratele.

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (\text{min} \cdot \text{výpadek}^{-1}) \quad (2.10)$$

Hodnota ukazatele je také definována jako poměr počtu odběratelů postižených za rok jednodominutovým výpadkem k počtu odběratelů postižených výpadkem.

Přičemž

λ_i	intenzita	výpadků	v bodě	„i“	sítě	(rok ⁻¹)
N_i	počet	připojených	odběratelů	v bodě	„i“	sítě
τ_i	střední doba	výpadku	v bodě	„i“	sítě	(min)

2.10. Vztah klasických a globálních ukazatelů spolehlivosti

Přestože hladinové ukazatele pro variantu omezení odběratelů a systémové ukazatele mají na první pohled jiné definice, jsou ve své podstatě shodné.

Při použití znalostí klasických spolehlivostních výpočtů je možno napsat:

$$\lambda_G = \frac{\sum_j n_j}{N_S} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (\text{výpadek.rok}^{-1}) \quad (2.11)$$

$$\tau_{GV} = \frac{\sum_j (n_j \cdot t_j)}{N_S} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (\text{min.rok}^{-1}) \quad (2.12)$$

$$\tau_G = \frac{\sum_j (n_j \cdot t_j)}{\sum_j n_j} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} \quad (\text{min.výpadek}^{-1}) \quad (2.13)$$

Lze tedy konstatovat, že:

SAIFI= λ_G

SAIDI= τ_{GV}

CAIDI= τ_G

[2]

3. LEGISLATIVA

2.11. Energetický zákon

➤ Zákon č. 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

- K zákonu č. 458/2000 Sb. se vztahují doplňující vyhlášky popsané v daném zákoně.
- Energetický zákon je rozdělen do jednotlivých částí, ty do hlav a konečně hlavy do dílů
- V diplomovém projektu budou blíže nastíněny pouze ty části, zabývající se elektroenergetikou

2.11.1. Část první

Podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích

A. Hlava I**a) Obecná část**

Hlava *I* (obecná část) energetického zákona vymezuje základní energetické pojmy, zabývá se udělováním licencí a následnými podmínkami podnikání v různých energetických odvětvích, certifikací, právy a povinnostmi držitelů licencí (včetně povinnostmi nad rámec licence). Obecná část energetického zákona dále obsahuje paragrafy pro opatření na ochranu zákazníků. V neposlední řadě jmenuje paragrafy, jež vymezují působnosti ministerstva (MPO), orgánů státní správy, Energetického regulačního úřadu (ERÚ), dozorem v různých energetických odvětvích, operátorem trhu, a zabývá se kontrolou a regulací.

B. Hlava II**a) Zvláštní část**

Tato část se dělí na 3 stěžejní díly energetického zákona, a to na části Elektroenergetika, Plynárenství a Teplárenství.

➤ Díl 1**• Elektroenergetika**

První díl Hlavy *II* se zabývá konkrétními definicemi a paragrafy v oboru elektroenergetika. V první řadě přesně definuje účastníky trhu s elektřinou (výrobce elektřiny, provozovatele přenosové soustavy, atd.), vymezuje jim jejich práva a povinnosti a řeší žádosti o udělení autorizace. Dále pojmenovává základní technické údaje pro oblast elektroenergetiky, jako jsou elektrické přípojky, ochranná pásma, zařízení a měření v přenosové soustavě. Zabývá se kombinovanou výrobou elektřiny a tepla a výrobou elektřiny z druhotných energetických zdrojů. Zajímá se také o práva a povinnosti zákazníka, vlastníka přímého vedení, smlouvami mezi jednotlivými účastníky trhu s elektřinou, definuje pojmy neoprávněný odběr, přenos a distribuce elektřiny a konečně řeší otázku stavu nouze.

2.11.2. Část druhá až dvanáctá

Těmito ustanoveními byly novelizovány jiné zákony.

➤ pozn. Základní a nejdůležitější pojmy energetického zákona již byly blíže popsány výše, viz Teoretický rozbor

2.12. Kritéria přenosu elektrické energie

- Při analýze chování přenosového systému, jeho součástí a při hodnocení provozních stavů je třeba respektovat základní kritéria, která mohou omezit přenos výkonových toků:
 - Kritérium N-1 – Schopnost DS udržet parametry normálního stavu po výpadku jednoho prvku v síti (nebo stanice), přičemž může dojít ke krátkodobému lokálnímu omezení nebo přerušení spotřeby
 - Teplotní kritéria – hlídají dlouhodobou či momentální teplotu vodičů a jsou svázána s teplotními limity pro dané provozní stavy. Obvykle souvisejí s dlouhodobým nadměrným zatížením linek, náhlou změnou v konfiguraci systému po výpadcích nebo při poruchách a mohou být dodržena rekonfigurací systému nebo aktivací zařízení pro kontrolu výkonových toků. Teplotní hlediska bývají omezující u kabelů, krátkých vedení nebo obecně při nepříznivých tepelných poměrech okolního prostředí. U dlouhých vedení se naopak spíše uplatňují hlediska stability a úbytků napětí.
 - Kritéria řízení napětí a jalového výkonu – souvisejí s požadavkem udržovat napětí v úzkých předepsaných mezích. Podpětí může zhoršit funkci některých spotřebičů, přepětí pak může být nebezpečné z důvodu přeskoků, průrazu izolačních systémů nebo saturace transformátorů. V ustálených chodech může být limitujícím faktorem zejména nízké napětí při velkém zatížení, což je možné korigovat zejména kompenzací jalového výkonu a tedy změnou účinné spotřeby. Naopak vysoké napětí u málo zatížených vedení (či naprázdno) lze kromě regulace odbočkami transformátoru omezit připínáním paralelních tlumivek. Úroveň napětí je obvykle velmi citlivá na toky jalového výkonu, proto je jeho kompenzace jedním z klíčových procesů v soustavách. Systémově ji lze rozdělit na kompenzaci v generátorech, zatížení a kompenzaci přenosového systému.
 - Kritéria toků výkonů – týkají se zejména řízení činného výkonu v soustavách za účelem vyššího a rovnoměrnějšího využití prvků přenosových soustav, minimalizace ztrát či tvorby dostatečných rezerv přenosových cest. Překračování limitů výkonových toků lze odstranit vybudováním nových přenosových kapacit či výrobních jednotek. Řešením může být také instalace přídatných zařízení v sítích.
 - Kritéria stability a dynamických jevů – souvisejí s dynamickým chováním systému. Dynamická stabilita popisuje schopnost systému úspěšně přecházet mezi rozdílnými stabilními pracovními body a

může být zlepšena změnou konfigurace nebo uzlových výkonů v klíčových bodech systému. S rostoucím zatížením nabývá na důležitosti také napěťová stabilita, kterou lze optimalizovat úpravou napětí pomocí hladinové regulace transformátorů, podpůrnými zařízeními v uzlech systému či krajním případě odpínáním zátěže.

- Všechna kritéria lze teoreticky sjednotit pod jediný požadavek zachování kvality dodávky elektrické energie. Toto široké kritérium nelze jednoznačně kvantifikovat, protože v sobě obsahuje řadu veličin (od kvality napěťové sinusovky v uzlech přes přípustná pásma frekvence, výkonů či teploty až po spolehlivostní veličiny, které určují schopnost soustavy přenést elektrickou energii až ke konečnému spotřebiteli). [2]

2.13. Podnikové normy

- Normy PNE jsou tvořeny a schvalovány energetickými společnostmi, ČEPS, a.s., případně dalšími organizacemi i mimo resort elektroenergetiky. Tyto normy řeší problematiku přenosu a distribuce elektrické energie a nejsou určeny pro výrobu elektřiny. Během období od jejich vzniku se PNE velmi osvědčily a vhodným způsobem zaplňují mezery v normách ČSN pro speciální použití v elektroenergetice.
- Stěžejní normou pro oblast stability distribuce je norma PNE 33 430-0 až 7, definující Parametry kvality elektrické energie [4]

2.14. Druhy odstávek

- Odstávkou můžeme v tomto případě označit jev, kdy dojde k přerušení dodávky elektrické energie. Toto přerušení může nastat mnoha různými způsoby, které se však zpravidla dělí do dvou skupin, a to na odstávky plánované a neplánované.
- Jako neplánované odstávky je možné značit náhodné, nahodilé a neočekávané poruchy, tedy se jedná o situace, které nelze dopředu předvídat a tudíž ani korektně vyčíslit rizika jejich vzniku. Pro ilustraci se jedná například o pád stromu na vedení, překopnutí kabelu, živelná katastrofa atd.
- Plánované odstávky mohou být z pohledu distributora elektrické energie roztrženy do různých kategorií, a to především tak, aby toto zařazení bylo co nejprůhlednější, nejprůhlednější, mělo společného jmenovatele následků odstávky a aby výsledky analýz byly snadno uchopitelné a rozpoznatelné.

Jelikož se tato diplomová práce plánovanými odstávkami blíže zabývá, budou jednotlivé druhy podrobněji rozebrány v následujících odstavcích

2.15. Rozdělení odstávek

Příprava odstávek zařízení závisí na několika kritériích:

- a) Rozdělení dle napěťových hladin
 - VVN
 - VN
 - NN
- b) Rozdělení dle délky odstávek
 - Krátkodobé
 - Opakované
 - Dlouhodobé
- c) Rozdělení dle příčiny odstávky
 - Údržba zařízení
 - Investiční výstavba
 - Rekonstrukce zařízení
 - Plánované opravy
 - Požadavky zákazníků
- d) Rozdělení dle dopadu na zákazníky
 - S omezením odběratelů
 - S omezením výrobců elektřiny
 - Bez omezení zákazníků

Každá odstávka je pak kombinací výše uvedených rozdělení a dle výsledku zařazení do kategorií pak probíhá příprava odstávky. [5]

4. VLIV PLÁNOVANÝCH Odstávek NA SPOLEHLIVOST DISTRIBUCE

Ačkoliv vyjádření či vyčíslení vlivu plánovaných odstávek existuje relativně mnoho, prakticky vždy se jedná o následky ekonomického ražení, potažmo spokojenost zákazníka, což s ekonomickými hledisky úzce souvisí.

Spokojenost zákazníka by měla být pro distributora na prvním místě, proto by měl při plánování odstávky zvážit různé důsledky, které tato odstávka způsobí. V tomto případě, jak již bylo dříve naznačeno, jde toto kritérium ruku v ruce s ekonomikou, případně finančními ztrátami na straně distributora. Kupříkladu jestliže odstávka způsobí nedodání elektrické energie zákazníkovi, zákazník neplatí distributorovi poplatek na distribuci, čímž mu vznikají jisté ztráty. Proto je v jeho nejlepším zájmu odstávky ukončit v co nejkratším čase.

Aby došlo k co nejrychlejšímu vyřešení problému, proč byla plánovaná odstávka započata (např. natírání stožárů, výměna, vedení, revize atp.), je nezbytně nutné zajistit na stanovený

čas a datum odstávky potřebný technický i personální stav. Ač se tato věc může na první pohled zdát ne příliš podstatná, opak je pravdou. Dokonalá koordinace všech výšení zmíněných bodů, tedy od řádného a odborného naplánování, technického dozoru, zajištění montážních strojů a techniků po dělníky, vede k správně provedené odstávce (opravě, revizi,...), a přitom v co možná nejkratším čase ke spokojenosti obou stran, tedy distributora i zákazníka.

Byť je snaha o odstranění problému co nejrychleji, citlivost odběratelů na dobu přerušení dodávky, případně oceňování ztrát odstávkou vzniklých, může být pro každého odběratele jiná. Z tohoto důvodu jsou odběratelé řazeni do pěti skupin (viz **kap. 2.2**).

Jak již bylo několikrát zmíněno, spolehlivá distribuce elektrické energie je hlavním posláním distribučních společností. Spolehlivost v elektroenergetice se v posledních letech sleduje a ošetřuje čím dál více, což vede k vývoji nových trendů, matematických modelů, potažmo unifikaci matematických vyjádření spolehlivosti. Celosvětově je v této éře nejvíce praktikovaným matematickým modelem vyjadřování globálních systémových ukazatelů spolehlivosti, tzv. SAIFI, SAIDI, CAIDI. V podstatě lze říci, že tyto ukazatele matematicky popisují dopady přerušení dodávky elektrické energie zákazníkovi, konkrétně četnost těchto přerušení (výpadků) a průměrnou dobu přerušení. Podrobnější popis těchto ukazatelů lze najít v **kap. 2.7**.

Se spolehlivostí dodávky je úzce spjatá rovněž kvalita dodávek. Tu ošetřuje vyhláška č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny souvisejících služeb v elektroenergetice.

Požadovaná kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a její parametry jsou ve vyhlášce vyjádřeny prostřednictvím standardů kvality dodávek a souvisejících služeb, které se člení na:

- Garantované standardy přenosu nebo distribuce elektřiny a garantované standardy dodávek, stanovující kvalitu přenosu nebo distribuci elektřiny a dodávek elektřiny, která musí být dodržena v každém individuálním případě;
- Obecný standard přenosu nebo distribuce elektřiny, sloužící k porovnání výkonnosti a jejího časového vývoje u provozovatelů distribučních soustav a posouzení výkonnosti a jejího časového vývoje u provozovatele přenosové soustavy.

Na základě dodržování obecného standardu je Energetickým regulačním úřadem sledována a vyhodnocována spolehlivost a plynulost přenosu a distribuce elektřiny v přenosové soustavě a distribučních soustavách.

Pro rozsah diplomového projektu patří mezi nejzajímavější následující garantované standardy:

- Standard obnovy přenosu nebo distribuce elektřiny po poruše
- Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny

- Standard kvality elektřiny
- Standard lhůty pro odstranění příčin snížené kvality elektřiny

5. MODELOVÉ SITUACE VÝPOČTU SPOLEHLIVOSTI SÍTĚ

Protože z důvodu právních a licenčních ochran jednotlivých distributorů elektřiny na území ČR nebylo možno získat reálná schémata distribučních sítí, byly pro praktickou část diplomové práce, zabývající se výpočtem spolehlivosti, vytvořeny modelové situace, na níž bude výpočet těchto spolehlivostních parametrů demonstrován.

5.1. POSTUP VÝPOČTU

Nejprve byly vytvořeny jednoduché modely částí distribuční soustavy, které jsou zde reprezentovány zjednodušenými elektrickými schématy. U každého elektrického schématu pak byly jednotlivým prvkům sítě přiřazeny jejich hodnoty a parametry, které byly zapsány v příslušných tabulkách. Z vytvořených elektrických schémat pak vychází následná spolehlivostní schémata, která musí respektovat všechna pravidla a zákonitosti tvorby spolehlivostních schémat. Zadané spolehlivostní parametry pro prvky vyskytující se ve spolehlivostních schématech vycházejí z databáze na VŠB-TUO a jsou rovněž zaznačeny v příslušné tabulce[4]. Po sestrojení spolehlivostních schémat je pak proveden vlastní výpočet, který je v tomto případě udělán pomocí znalosti metodiky spolehlivostních schémat, která je pak detailně popsána a vysvětlena v [1]. Závěrečná část výpočtu spolehlivosti pak řeší výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti.

5.2. PŘÍKLADY

5.2.1. MODEL 1

5.2.1.1. NORMÁLNÍ STAV

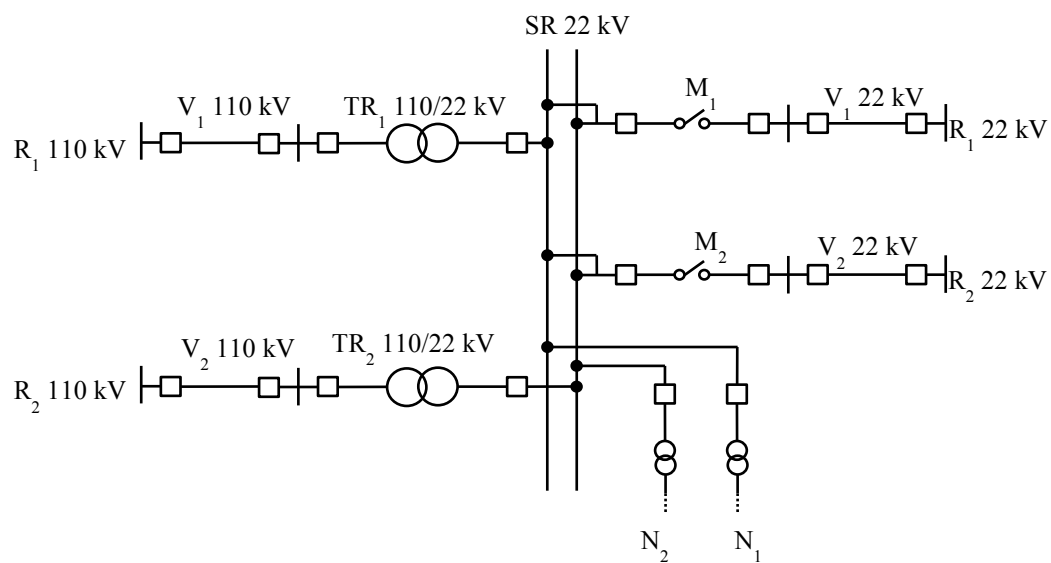
V prvním příkladu bude řešen případ, kdy je námi sledovaná rozvodna SR 22 kV napájena ze dvou nezávislých rozvodů 110 kV a zálohována dvěma vedeními z rozvodu 22 kV. Pro jednoduchost je pro záložní rozvodny uvažován dostatečný výkon pro pokrytí dodávky elektřiny připojeným uživatelům k SR. Tento model je dále modifikován pro různé možnosti odstávek na vyznačené části sítě.

Tab. 7.1 Spolehlivostní parametry prvků distribuční sítě [6]

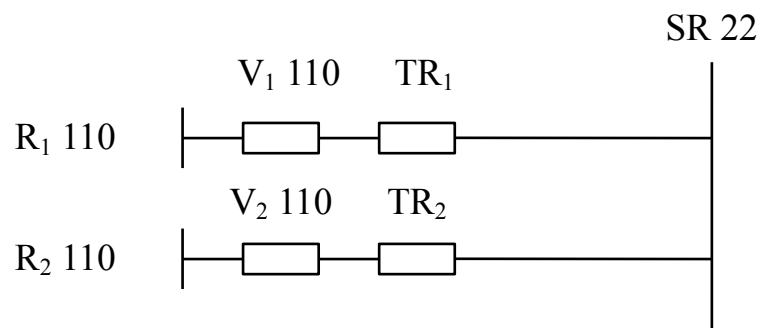
Poškozené zařízení		2000 - 2016
Kabel 22 kV	I (rok ⁻¹)	4,431
	t (h)	7,129
Vodič 22 kV	I (rok ⁻¹)	2,349
	t (h)	4,601
Vodič 110 kV	I (rok ⁻¹)	0,243
	t (h)	3,408
Transformátor vn/nn	I (rok ⁻¹)	0,006
	t (h)	5,263
Transformátor 110 kV/vn	I (rok ⁻¹)	0,054
	t (h)	0,228
Vypínač výkonový 22 kV	I (rok ⁻¹)	0,011
	t (h)	28,707
Vypínač výkonový 110 kV	I (rok ⁻¹)	0,02
	t (h)	25,992

Tab. 7.2 Stanovené a vypočtené parametry distribuční sítě

V1 110	15	km
V2 110	20	km
V1 22	30	km
V2 22	10	km
$\tau M1$	0,5	
$\tau M2$	1,5	
koeficient c - spolehlivost na rozvodnách 22 kV		
$IR_{22} =$	50	km
$\lambda Vc = (0,243/100) * 50$	0,1215	
$TRR_{22} = TR_{110}/22$		
$\lambda c = \lambda Vc + \lambda T$	0,1755	
$\tau c = (\lambda Vc * \tau V + \lambda T * \tau T) / \lambda c$	2,42953846	
$Rc = 1 - (\lambda c * \tau c) / 8760$	0,99995133	



Obr. 7.1 Základní elektrické schéma sítě - sledovaná rozvodna 22 kV napájena dvěma vedeními 110 kV z nezávislých rozvodů R1 110, R2 110 a zálohována dvěma vedeními 22 kV z rozvodů R1 22 a R2 22.



Obr. 7.1a Spolehlivostní schéma základního zapojení, vycházející z elektrického schématu (Obr. 7.1)

výpočet intenzity poruch jednotlivých vedení

$$\lambda_{V_{1110}} = \frac{\lambda_{V_{110}}}{100} \cdot l_{V_{1110}} = \frac{0,243}{100} \cdot 15 = 0,03645 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V_{2110}} = \frac{\lambda_{V_{110}}}{100} \cdot l_{V_{2110}} = \frac{0,243}{100} \cdot 20 = 0,0486 \text{ rok}^{-1}$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R₁ 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_{1110}} = \lambda_{V_{1110}} + \lambda_{T_1} = 0,03645 + 0,054 = 0,09045 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\begin{aligned} \tau_{R_{1110}} &= \frac{\lambda_{V_{1110}} \cdot \tau_{V_{1110}} + \lambda_{T_1} \cdot \tau_{T_1}}{\lambda_{R_{1110}}} = \frac{0,03645 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,09045} \\ &= 1,50949254 \text{ h} \end{aligned}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_{1110} = 1 - \frac{\lambda_{R_{1110}} \cdot \tau_{R_{1110}}}{8760} = 1 - \frac{0,09045 \cdot 1,50949254}{8760} = 0,999984$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R₂ 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_{2110}} = \lambda_{V_{2110}} + \lambda_{T_2} = 0,0486 + 0,054 = 0,1026 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\begin{aligned} \tau_{R_{2110}} &= \frac{\lambda_{V_{2110}} \cdot \tau_{V_{2110}} + \lambda_{T_2} \cdot \tau_{T_2}}{\lambda_{R_{2110}}} = \frac{0,0486 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,1026} \\ &= 1,73431579 \text{ h} \end{aligned}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_{2110} = 1 - \frac{\lambda_{R_{2110}} \cdot \tau_{R_{2110}}}{8760} = 1 - \frac{0,1026 \cdot 1,73431579}{8760} = 0,999980$$

I. Výsledná pravděpodobnost bezporuchového chodu R

$$R = 1 - (1 - R_{1110}) \cdot (1 - R_{2110}) = 1 - (1 - 0,999984) \cdot (1 - 0,999980) = 1$$

II. Výpočet výsledné pravděpodobnosti bezporuchového chodu R

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvoden R1 110 a R2 110

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \frac{\lambda_{R1110} \cdot \lambda_{R2110} \cdot (\tau_{R1110} + \tau_{R2110})}{8760} = \frac{0,09045 \cdot 0,1026 \cdot (1,50949254 + 1,73431579)}{8760}$$

$$= 3,4364 \cdot 10^{-6} \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\tau_{R1110} \cdot \tau_{R2110}}{\tau_{R1110} + \tau_{R2110}} = \frac{1,50949254 \cdot 1,73431579}{1,50949254 + 1,73431579} = 0,80705655 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 0,80705655}{8760} = 1$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 + 3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 4000}{6000 + 4000}$$

$$= 3,43643 \cdot 10^{-6} \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

$$= \frac{3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 0,80705655 \cdot 6000 + 3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 0,80705655 \cdot 4000}{6000 + 4000}$$

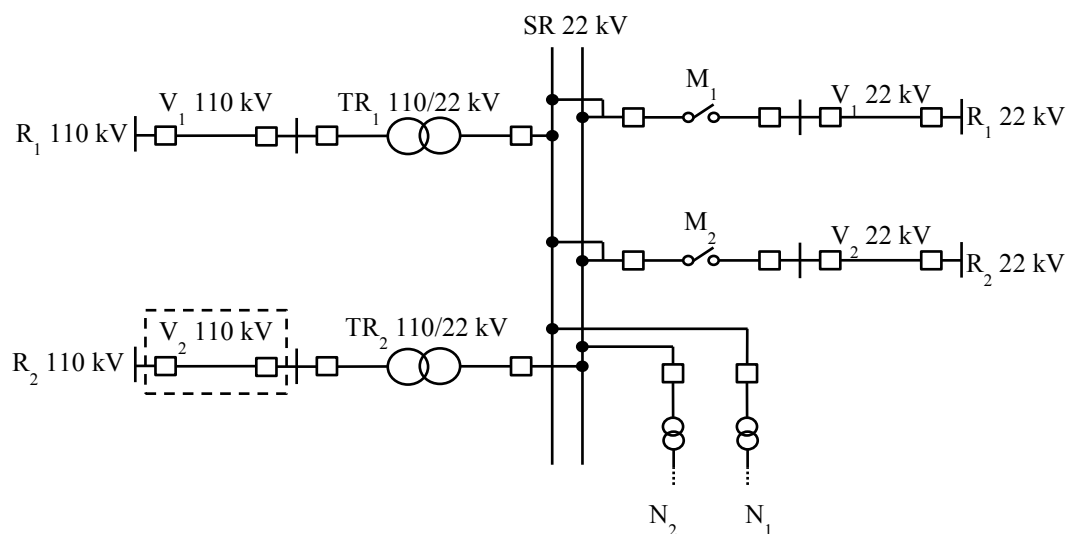
$$= 2,77339 \cdot 10^{-6} \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}$$

$$= \frac{3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 0,80705655 \cdot 6000 + 3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 0,80705655 \cdot 4000}{3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 + 3,4364 \cdot 10^{-6} \cdot 4000}$$

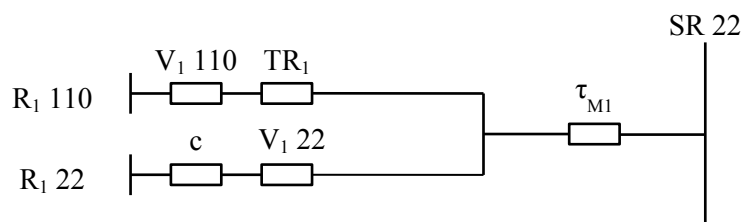
$$= 0,807056545 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.1.2. Odstávka V_2 110



Obr. 7.2 Elektrické schéma sítě při odstávce vedení V_2 110

V tomto případě je možno zvolit za rezervní napáječ obě rozvodny 22 kV, proto je nutno pro oba případy spočítat výslednou spolehlivost na SR 22.



Obr. 7.2a Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R_2 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R_1 110 a R_1 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M1} = \lambda_{R1110} = 0,09045 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V122} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V122} = \frac{2,349}{100} \cdot 30 = 0,7047 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R122} = \lambda_c + \lambda_{V122} = 0,1755 + 0,7047 = 0,8802 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R122} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V122} \cdot \tau_{V122}}{\lambda_{R122}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,7047 \cdot 4,601}{0,8802} = 4,16803988 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodn R_1 110 a R_1 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R1110} \cdot \lambda_{R122} \cdot (\tau_{R1110} + \tau_{R122})}{8760} = \frac{0,09045 \cdot 0,8802 \cdot (1,50949254 + 4,16803988)}{8760} = 5,15995 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R1110} \cdot \tau_{R122}}{\tau_{R1110} + \tau_{R122}} = \frac{1,50949254 \cdot 4,16803988}{1,50949254 + 4,16803988} = 1,108161897 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_1

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M1} = 5,15995 \cdot 10^{-5} + 0,09045 = 0,090501599 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_1} \cdot \tau_{M_1}}{\lambda} = \frac{5,15995 \cdot 10^{-5} \cdot 1,108161897 + 0,09045 \cdot 0,5}{0,090501599} = 0,500346744$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

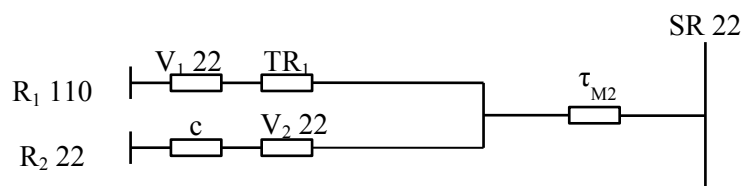
$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,090501599 \cdot 0,500346744}{8760} = 0,999994831$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,090501599 \cdot 6000 + 0,090501599 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,090501599 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,090501599 \cdot 0,500346744 \cdot 6000 + 0,090501599 \cdot 0,500346744 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,045282181 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} = \frac{0,090501599 \cdot 0,500346744 \cdot 6000 + 0,090501599 \cdot 0,500346744 \cdot 4000}{0,090501599 \cdot 6000 + 0,090501599 \cdot 4000} = 0,500346744 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$



Obr. 7.2b Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R₂ 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R₁ 110 a R₂ 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M2} = \lambda_{R110} = 0,09045 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V22} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V22} = \frac{2,349}{100} \cdot 10 = 0,2349 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R22} = \lambda_c + \lambda_{V22} = 0,1755 + 0,2349 = 0,4104 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V22} \cdot \tau_{V22}}{\lambda_{R22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,2349 \cdot 4,601}{0,4104} = 3,67241447 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodny R1 110 a R2 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R110} \cdot \lambda_{R22} \cdot (\tau_{R110} + \tau_{R22})}{8760} = \frac{0,09045 \cdot 0,4104 \cdot (1,50949254 + 3,67241447)}{8760} = 2,19584 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R110} \cdot \tau_{R22}}{\tau_{R110} + \tau_{R22}} = \frac{1,50949254 \cdot 3,67241447}{1,50949254 + 3,67241447} = 1,06977648 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M₂

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M2} = 2,19584 \cdot 10^{-5} + 0,09045 = 0,090471958 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_2} \cdot \tau_{M_2}}{\lambda} = \frac{2,19584 \cdot 10^{-5} \cdot 1,06977648 + 0,09045 \cdot 1,5}{0,090471958} = 1,499895581 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,090471958 \cdot 1,499895581}{8760} = 0,999984509$$

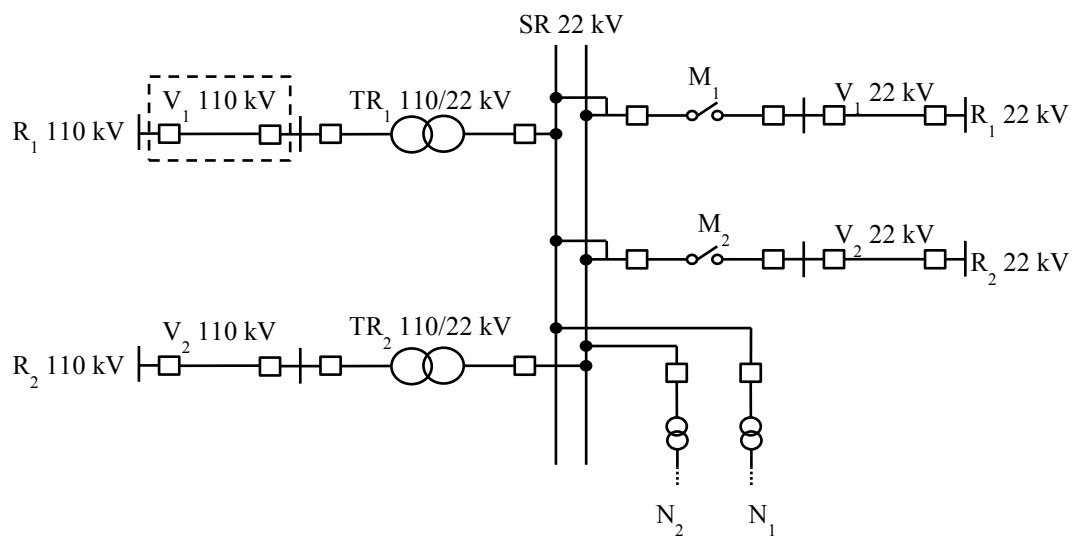
Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,090471958 \cdot 6000 + 0,090471958 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,09471958 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,090471958 \cdot 1,499895581 \cdot 6000 + 0,090471958 \cdot 1,499895581 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,135698491 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

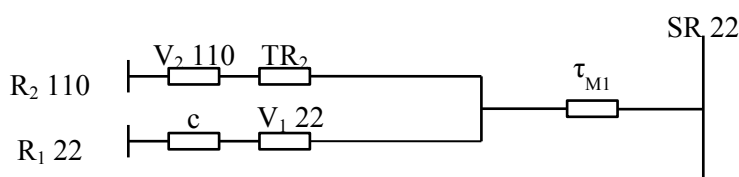
$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} = \frac{0,090471958 \cdot 1,499895581 \cdot 6000 + 0,090471958 \cdot 1,499895581 \cdot 4000}{0,090471958 \cdot 6000 + 0,090471958 \cdot 4000} = 1,499895581 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.1.3. ODSTÁVKA V_1 110



Obr. 7.3 Elektrické schéma sítě při odstávce vedení R_1 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R_2 110 a R_1 22

Také v tomto případě bude výpočet proveden pro obě možnosti zálohy



Obr. 7.3a Spolehlivostní schéma při odstávce vedení $R_1 110$ – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny $R_2 110$ a $R_1 22$

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M1} = \lambda_{R2110} = 0,1026 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V122} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V122} = \frac{2,349}{100} \cdot 30 = 0,7047 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R122} = \lambda_c + \lambda_{V122} = 0,1755 + 0,7047 = 0,8802 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R122} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V122} \cdot \tau_{V122}}{\lambda_{R122}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,7047 \cdot 4,601}{0,8802} = 4,16803988 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodny $R_2 110$ a $R_1 22$

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R2110} \cdot \lambda_{R122} \cdot (\tau_{R2110} + \tau_{R122})}{8760} = \frac{0,1026 \cdot 0,8802 \cdot (1,73431579 + 4,16803988)}{8760} = 6,08485 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R2110} \cdot \tau_{R122}}{\tau_{R2110} + \tau_{R122}} = \frac{1,73431579 \cdot 4,16803988}{1,73431579 + 4,16803988} = 1,224713958 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_1

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M1} = 6,08485 \cdot 10^{-5} + 0,1026 = 0,102660849 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_1} \cdot \tau_{M_1}}{\lambda} = \frac{6,08485 \cdot 10^{-5} \cdot 1,224713958 + 0,1026 \cdot 0,5}{0,102660849} = 0,500429548 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

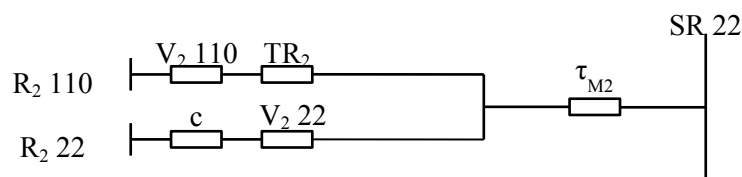
$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,102660849 \cdot 0,500429548}{8760} = 0,999994135$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,102660849 \cdot 4000 + 0,102660849 \cdot 6000}{4000 + 6000} = 0,102660849 (\text{výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,102660849 \cdot 0,500429548 \cdot 4000 + 0,102660849 \cdot 0,500429548 \cdot 6000}{6000 + 4000} = 0,051374522 (\text{h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1} = \frac{0,102660849 \cdot 0,500429548 \cdot 4000 + 0,102660849 \cdot 0,500429548 \cdot 6000}{0,102660849 \cdot 4000 + 0,102660849 \cdot 6000} = 0,500429548 (\text{h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$



Obr. 7.3b Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R_1 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R_2 110 a R_2 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M2} = \lambda_{R2110} = 0,1026 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V22} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V22} = \frac{2,349}{100} \cdot 10 = 0,2349 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R22} = \lambda_c + \lambda_{V22} = 0,1755 + 0,2349 = 0,4104 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V22} \cdot \tau_{V22}}{\lambda_{R22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,2349 \cdot 4,601}{0,4104} = 3,67241447 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodu R_2 110 a R_2 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R2110} \cdot \lambda_{R22} \cdot (\tau_{R2110} + \tau_{R22})}{8760} = \frac{0,1026 \cdot 0,4104 \cdot (1,73431579 + 3,67241447)}{8760} = 2,59887 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R2110} \cdot \tau_{R22}}{\tau_{R2110} + \tau_{R22}} = \frac{1,73431579 \cdot 3,67241447}{1,73431579 + 3,67241447} = 1,177999659 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_2

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M2} = 2,59887 \cdot 10^{-5} + 0,1026 = 0,102625989 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_2} \cdot \tau_{M_2}}{\lambda} = \frac{2,59887 \cdot 10^{-5} \cdot 1,177999659 + 0,1026 \cdot 1,5}{0,102625989} = 1,499918457 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,102625989 \cdot 1,499918457}{8760} = 0,999982428$$

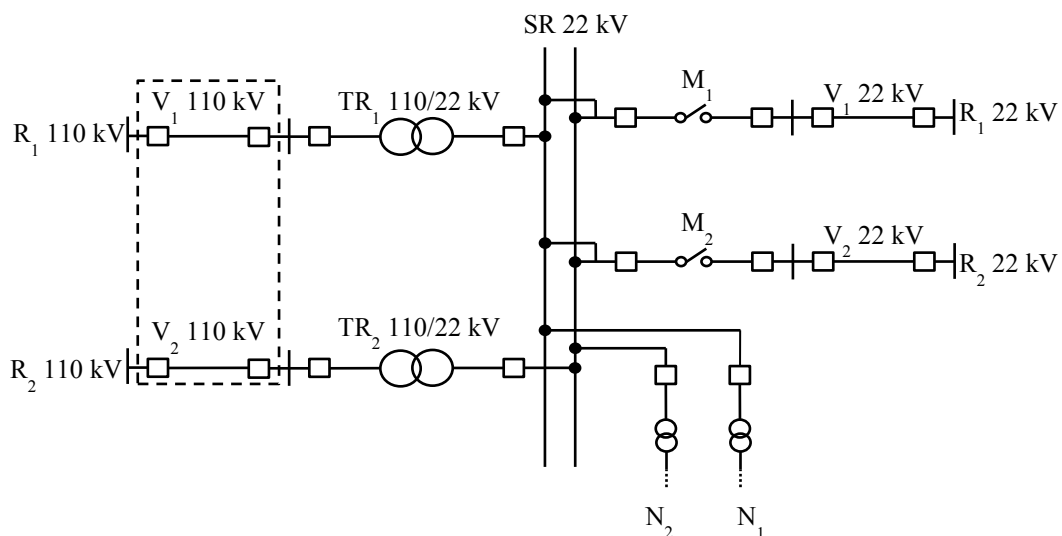
Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,102625989 \cdot 4000 + 0,102625989 \cdot 6000}{6000 + 4000} = 0,102625989 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,102625989 \cdot 1,499918457 \cdot 4000 + 0,102625989 \cdot 1,499918457 \cdot 6000}{6000 + 4000} = 0,153930615 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

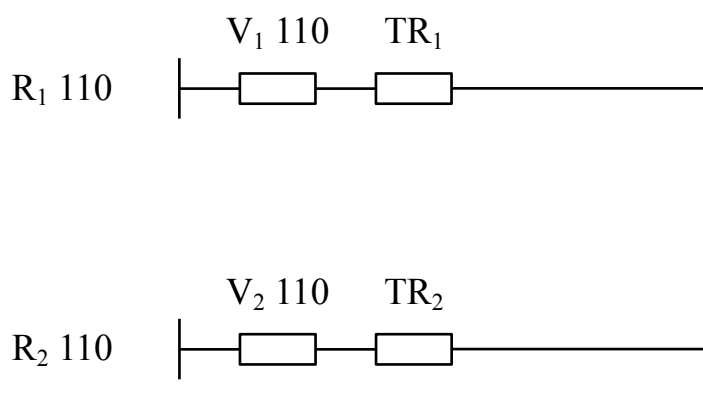
$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1} = \frac{0,102625989 \cdot 1,499918457 \cdot 4000 + 0,102625989 \cdot 1,499918457 \cdot 6000}{0,102625989 \cdot 4000 + 0,102625989 \cdot 6000} = 1,499918457 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.1.3.1. SOUČASNÁ ODSTÁVKA V₁ 110 A V₂ 110



Obr. 7.4 Elektrické schéma sítě při odstávkách vedení R_1 110 a R_2 110

Sledovaná rozvodna SR bude v tomto případě napájena rezervními vedeními R₁ 22 a R₂ 22. Z hlediska splnění spolehlivostních parametrů a dodržení kritéria N-1 je však nutné manipulaci těchto vedení provádět postupně, jak bude ukázáno níže.



Obr. 7.4a Spolehlivostní schémata pro dodávku elektřiny do SR jednotlivě z rozvodů R_1 110 a R_2 110 pro volbu postupné odstávky na těchto částech sítě

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R1 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_1 110} = \lambda_{V_1 110} + \lambda_{T_1} = 0,03645 + 0,054 = 0,09045 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\tau_{R_1 110} = \frac{\lambda_{V_1 110} \cdot \tau_{V_1 110} + \lambda_{T_1} \cdot \tau_{T_1}}{\lambda_{R_1 110}} = \frac{0,03645 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,09045} = 1,50949254 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_1 110 = 1 - \frac{\lambda_{R_1 110} \cdot \tau_{R_1 110}}{8760} = 0,999984$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R2 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_2 110} = \lambda_{V_2 110} + \lambda_{T_2} = 0,0486 + 0,054 = 0,1026 \text{ rok}^{-1}$$

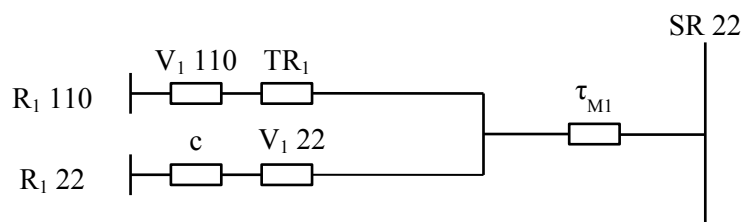
Střední doba poruchy

$$\tau_{R_2 110} = \frac{\lambda_{V_2 110} \cdot \tau_{V_2 110} + \lambda_{T_2} \cdot \tau_{T_2}}{\lambda_{R_2 110}} = \frac{0,0486 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,1026} = 1,73431579 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_2 110 = 1 - \frac{\lambda_{R_2 110} \cdot \tau_{R_2 110}}{8760} = 1 - \frac{0,1026 \cdot 1,73431579}{8760} = 0,999980$$

- Z důvodu vyšší spolehlivosti ponecháme dodávku z rozvodny R₁ 110 a odstavíme R₂ 110



Obr. 7.4.1a Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R_2 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R_1 110 a R_1 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M1} = \lambda_{R1110} = 0,09045 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V122} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V122} = \frac{2,349}{100} \cdot 30 = 0,7047 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R122} = \lambda_c + \lambda_{V122} = 0,1755 + 0,7047 = 0,8802 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R122} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V122} \cdot \tau_{V122}}{\lambda_{R122}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,7047 \cdot 4,601}{0,8802} = 4,16803988 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvoden R_1 110 a R_1 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R1110} \cdot \lambda_{R122} \cdot (\tau_{R1110} + \tau_{R122})}{8760} = \frac{0,09045 \cdot 0,8802 \cdot (1,50949254 + 4,16803988)}{8760} = 5,15995 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R1110} \cdot \tau_{R122}}{\tau_{R1110} + \tau_{R122}} = \frac{1,50949254 \cdot 4,16803988}{1,50949254 + 4,16803988} = 1,108161897 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_1

Výsledná intenzita poruch

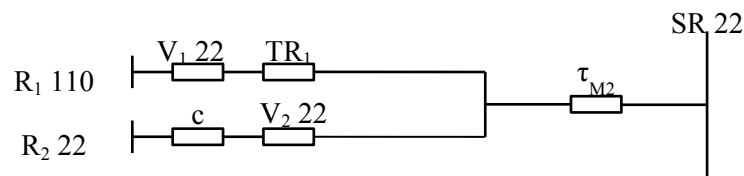
$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M1} = 5,15995 \cdot 10^{-5} + 0,09045 = 0,090501599 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_1} \cdot \tau_{M_1}}{\lambda} = \frac{5,15995 \cdot 10^{-5} \cdot 1,108161897 + 0,09045 \cdot 0,5}{0,090501599} = 0,500346744 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,090501599 \cdot 0,500346744}{8760} = 0,999994831$$



Obr. 7.4.1b Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R2 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R1 110 a R2 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M2} = \lambda_{R1110} = 0,09045 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V222} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V22} = \frac{2,349}{100} \cdot 10 = 0,2349 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R222} = \lambda_c + \lambda_{V222} = 0,1755 + 0,2349 = 0,4104 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R222} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V222} \cdot \tau_{V222}}{\lambda_{R222}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,2349 \cdot 4,601}{0,4104} = 3,67241447 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvoden R1 110 a R2 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R1110} \cdot \lambda_{R222} \cdot (\tau_{R1110} + \tau_{R222})}{8760} = \frac{0,09045 \cdot 0,4104 \cdot (1,50949254 + 3,67241447)}{8760} = 2,19584 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R_1 110} \cdot \tau_{R_2 22}}{\tau_{R_1 110} + \tau_{R_2 22}} = \frac{1,50949254 \cdot 3,67241447}{1,50949254 + 3,67241447} = 1,06977648 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_2

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M_2} = 2,19584 \cdot 10^{-5} + 0,09045 = 0,090471958 \text{ rok}^{-1}$$

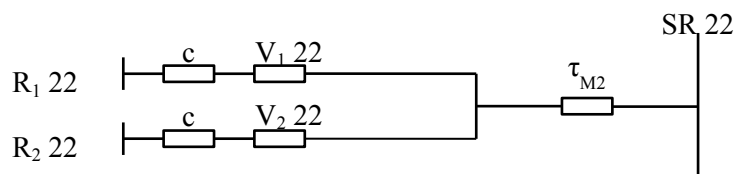
Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_2} \cdot \tau_{M_2}}{\lambda} = \frac{2,19584 \cdot 10^{-5} \cdot 1,06977648 + 0,09045 \cdot 1,5}{0,090471958} = 1,499895581 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,090471958 \cdot 1,499895581}{8760} = 0,999984509$$

- Z výsledků je patrné, že výsledné náhradní spolehlivostní schéma bude vypadat následovně



Obr. 7.4.2 Výsledné spolehlivostní schéma při odstávce obou vedení R1 110 a R2 110

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M_2} = \lambda_{R_1 22} = 0,8802 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R_1 22} = \lambda_c + \lambda_{V_1 22} = 0,1755 + 0,7047 = 0,8802 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R_1 22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V_1 22} \cdot \tau_{V_1 22}}{\lambda_{R_1 22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,7047 \cdot 4,601}{0,8802} = 4,16803988 \text{ h}$$

$$\lambda_{R_2 22} = \lambda_c + \lambda_{V_2 22} = 0,1755 + 0,2349 = 0,4104 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R_2 22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V_2 22} \cdot \tau_{V_2 22}}{\lambda_{R_2 22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,2349 \cdot 4,601}{0,4104} = 3,67241447 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvoden R₁ 22 a R₂ 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R_1 22} \cdot \lambda_{R_2 22} \cdot (\tau_{R_1 22} + \tau_{R_2 22})}{8760} = \frac{0,8802 \cdot 0,4104 \cdot (4,16803988 + 3,67241447)}{8760} = 0,000323315 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R_1 22} \cdot \tau_{R_2 22}}{\tau_{R_1 22} + \tau_{R_2 22}} = \frac{4,16803988 \cdot 3,67241447}{4,16803988 + 3,67241447} = 1,952280989 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M₂

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M_2} = 0,000323315 + 0,8802 = 0,880523315 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_2} \cdot \tau_{M_2}}{\lambda} = \frac{0,000323315 \cdot 1,952280989 + 0,8802 \cdot 1,5}{0,880523315} = 1,500166071 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,880523315 \cdot 1,500166071}{8760} = 0,999849209$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,880523315 \cdot 4000 + 0,880523315 \cdot 6000}{6000 + 4000}$$

$$= 0,880523315 (\text{výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{N_1 + N_2}$$

$$= \frac{0,880523315 \cdot 1,500166071 \cdot 4000 + 0,880523315 \cdot 1,500166071 \cdot 6000}{6000 + 4000}$$

$$= 1,320931202 (\text{h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}$$

$$= \frac{0,880523315 \cdot 1,500166071 \cdot 4000 + 0,880523315 \cdot 1,500166071 \cdot 6000}{0,880523315 \cdot 4000 + 0,880523315 \cdot 6000}$$

$$= 1,500166071 (\text{h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.2. MODEL 2

5.2.2.1. NORMÁLNÍ STAV

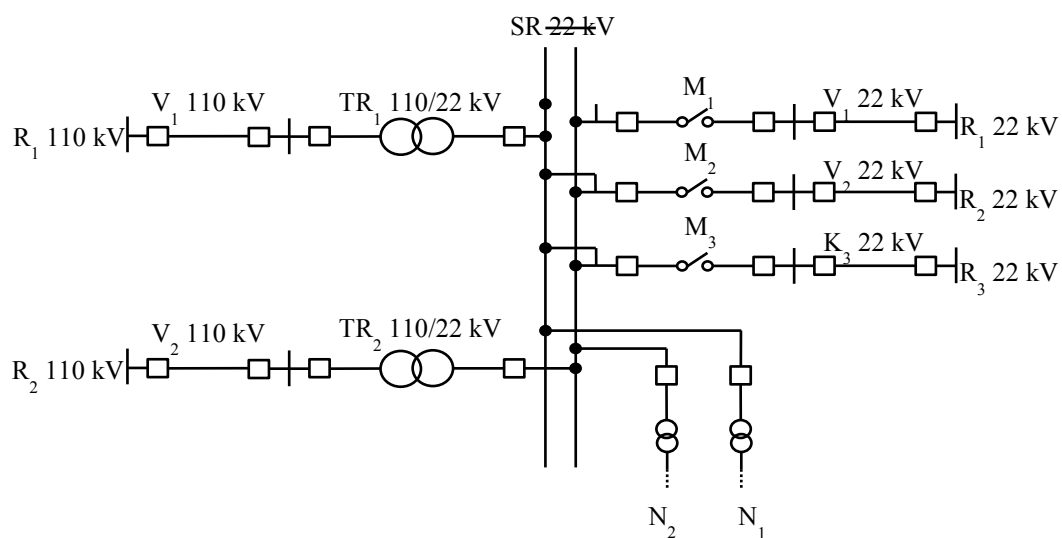
Následující příklad je obdobný předešlému a bude řešen podle stejné početní metodiky, jsou zde však přítomny tři rozvodny pro možnost zálohy SR. V takovémto případě je tedy větší možnost výběru zálohy při plánované odstávce na vyznačené části sítě. Opět musí platit předpoklad dostatečného výkonu rezervních rozveden 22 kV.

Tab. 7.3 Spolehlivostní parametry prvků distribuční sítě[6]

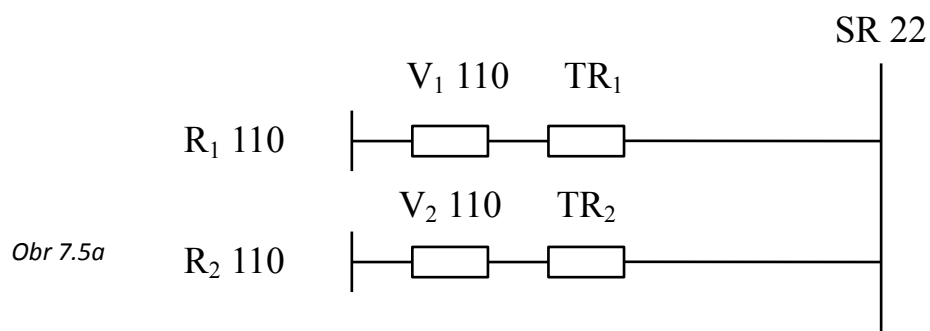
Poškozené zařízení		2000 - 2016
Kabel 22 kV	I (rok ⁻¹)	4,431
	t (h)	7,129
Vodič 22 kV	I (rok ⁻¹)	2,349
	t (h)	4,601
Vodič 110 kV	I (rok ⁻¹)	0,243
	t (h)	3,408
Transformátor vn/nn	I (rok ⁻¹)	0,006
	t (h)	5,263
Transformátor 110 kV/vn	I (rok ⁻¹)	0,054
	t (h)	0,228
Vypínač výkonový 22 kV	I (rok ⁻¹)	0,011
	t (h)	28,707
Vypínač výkonový 110 kV	I (rok ⁻¹)	0,02
	t (h)	25,992

Tab. 7.4 Stanovené a vypočtené parametry distribuční sítě

V1 110	25	km
V2 110	50	km
V1 22	20	km
V2 22	40	km
K3 22	40	km
$\tau M1$	0,4	h
$\tau M2$	0,8	h
$\tau M3$	0,8	h
koeficient c - spolehlivost na rozvodnách 22 kV		
$\lambda c = \lambda Vc + \lambda T$	0,1755	
$\tau c = (\lambda Vc * \tau V + \lambda T * \tau T) / \lambda c$	2,42953846	
$Rc = 1 - (\lambda c * \tau c) / 8760$	0,99995133	



Obr. 7.5 Základní elektrické schéma sítě - sledovaná rozvodna 22 kV napájena dvěma vedeními 110 kV z nezávislých rozvodů R_1 110, R_2 110, s možností zálohy pomocí tří vedení 22 kV ze tří nezávislých rozvodů R_1 22, R_2 22 a R_3 22



Spolehlivostní schéma základního zapojení, vycházející z elektrického schématu (Obr. 7.5)

výpočet intenzity poruch jednotlivých vedení

$$\lambda_{V_{1110}} = \frac{\lambda_{V_{110}}}{100} \cdot l_{V_{1110}} = \frac{0,243}{100} \cdot 25 = 0,06075 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V_{2110}} = \frac{\lambda_{V_{110}}}{100} \cdot l_{V_{2110}} = \frac{0,243}{100} \cdot 50 = 0,1215 \text{ rok}^{-1}$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R₁ 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_{1110}} = \lambda_{V_{1110}} + \lambda_{T_1} = 0,06075 + 0,054 = 0,11475 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\tau_{R_{1110}} = \frac{\lambda_{V_{1110}} \cdot \tau_{V_{1110}} + \lambda_{T_1} \cdot \tau_{T_1}}{\lambda_{R_{1110}}} = \frac{0,06075 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,11475} = 1,911529412 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_{1110} = 1 - \frac{\lambda_{R_{1110}} \cdot \tau_{R_{1110}}}{8760} = 1 - \frac{0,11475 \cdot 1,911529412}{8760} = 0,99997496$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R₂ 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_{2110}} = \lambda_{V_{2110}} + \lambda_{T_2} = 0,1215 + 0,054 = 0,1755 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\tau_{R_{2110}} = \frac{\lambda_{V_{2110}} \cdot \tau_{V_{2110}} + \lambda_{T_2} \cdot \tau_{T_2}}{\lambda_{R_{2110}}} = \frac{0,1215 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,1755} = 2,429538462 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_{2110} = 1 - \frac{\lambda_{R_{2110}} \cdot \tau_{R_{2110}}}{8760} = 1 - \frac{0,1755 \cdot 2,429538462}{8760} = 0,999951326$$

II. Výsledná pravděpodobnost bezporuchového chodu R

$$R = 1 - (1 - R_{1110}) \cdot (1 - R_{2110}) = 1 - (1 - 0,99997496) \cdot (1 - 0,999951326) = 0,99999999$$

II. Výpočet výsledné pravděpodobnosti bezporuchového chodu R

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvoden R₁ 110 a R₂ 110

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \frac{\lambda_{R_1 110} \cdot \lambda_{R_2 110} \cdot (\tau_{R_1 110} + \tau_{R_2 110})}{8760} = \frac{0,11475 \cdot 0,1755 \cdot (1,911529412 + 2,429538462)}{8760}$$

$$= 9,97981 \cdot 10^{-6} \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\tau_{R_1 110} \cdot \tau_{R_2 110}}{\tau_{R_1 110} + \tau_{R_2 110}} = \frac{1,911529412 \cdot 2,429538462}{1,911529412 + 2,429538462} = 1,069813779 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 1,069813779}{8760} = 1$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 + 9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 4000}{6000 + 4000}$$

$$= 9,97981 \cdot 10^{-6} \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

$$= \frac{9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 1,069813779 \cdot 6000 + 9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 1,069813779 \cdot 4000}{6000 + 4000}$$

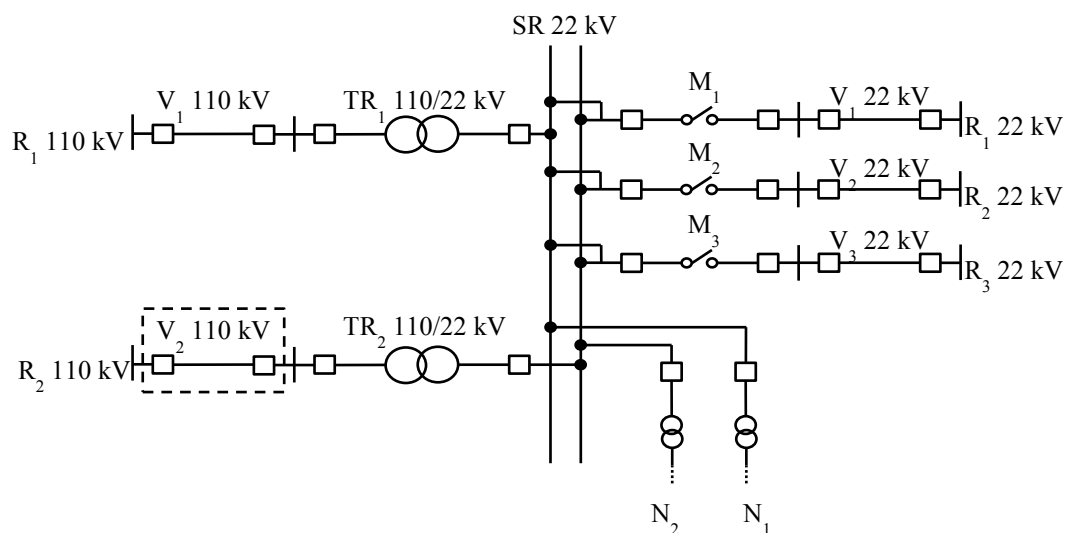
$$= 1,06765 \cdot 10^{-5} \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}$$

$$= \frac{9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 1,069813779 \cdot 6000 + 9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 1,069813779 \cdot 4000}{9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 + 9,97981 \cdot 10^{-6} \cdot 4000}$$

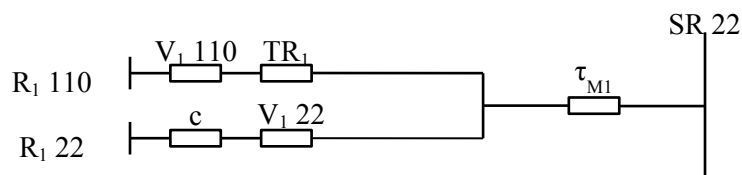
$$= 1,069813779 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.2.1.1. Odstávka V_2 110



a Obr. 7.6 Elektrické schéma sítě při odstávce vedení V_2 110

Jak již bylo uvedeno výše, následující výpočet bude obdobný modelu 1, čili v tomto případě výpočet manipulace všech tří možných záložních rozvoden k rozvodně R1 110 pro zjištění nejvyšší možné výsledné spolehlivosti dosažené na SR.



Obr. 7.6a Spolehlivostní schéma při odstávce vedení $R_2 110$ – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny $R_1 110$ a $R_1 22$

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M1} = \lambda_{R1110} = 0,11475 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V122} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V122} = \frac{2,349}{100} \cdot 20 = 0,4698 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R122} = \lambda_c + \lambda_{V122} = 0,1755 + 0,4698 = 0,6453 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R122} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V122} \cdot \tau_{V122}}{\lambda_{R122}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,4698 \cdot 4,601}{0,6453} = 4,010435146 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodny $R_1 110$ a $R_1 22$

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R1110} \cdot \lambda_{R122} \cdot (\tau_{R1110} + \tau_{R122})}{8760} = \frac{0,11475 \cdot 0,6453 \cdot (1,911529412 + 4,010435146)}{8760} = 5,00583 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R1110} \cdot \tau_{R122}}{\tau_{R1110} + \tau_{R122}} = \frac{1,911529412 \cdot 4,010435146}{1,911529412 + 4,010435146} = 1,294513782 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_1

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M1} = 5,00583 \cdot 10^{-5} + 0,11475 = 0,114800058 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_1} \cdot \tau_{M_1}}{\lambda} = \frac{5,00583 \cdot 10^{-5} \cdot 1,294513782 + 0,11475 \cdot 0,4}{0,114800058} = 0,400390051 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

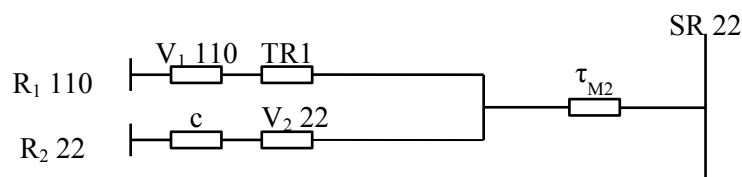
$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,114800058 \cdot 0,400390051}{8760} = 0,999994753$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,114800058 \cdot 6000 + 0,114800058 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,114800058 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} \\ &= \frac{0,114800058 \cdot 0,400390051 \cdot 6000 + 0,114800058 \cdot 0,400390051 \cdot 4000}{6000 + 4000} \\ &= 0,045964801 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} \\ &= \frac{0,114800058 \cdot 0,400390051 \cdot 6000 + 0,114800058 \cdot 0,400390051 \cdot 4000}{0,114800058 \cdot 6000 + 0,114800058 \cdot 4000} \\ &= 0,400390051 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1}) \end{aligned}$$



Obr. 7.6b Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R₂ 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R₁ 110 a R₂ 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M2} = \lambda_{R1110} = 0,11475 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V22} = \frac{\lambda_{V22}}{100} \cdot l_{V22} = \frac{2,349}{100} \cdot 40 = 0,9396 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R22} = \lambda_c + \lambda_{V22} = 0,1755 + 0,9396 = 1,1151 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V22} \cdot \tau_{V22}}{\lambda_{R22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,9396 \cdot 4,601}{1,1151} = 4,259244552 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodu R₁ 110 a R₂ 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R1110} \cdot \lambda_{R22} \cdot (\tau_{R1110} + \tau_{R22})}{8760} = \frac{0,11475 \cdot 1,1151 \cdot (1,911529412 + 4,259244552)}{8760} = 9,01368 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R1110} \cdot \tau_{R22}}{\tau_{R1110} + \tau_{R22}} = \frac{1,911529412 \cdot 4,259244552}{1,911529412 + 4,259244552} = 1,319392232 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M₂

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M2} = 9,01368 \cdot 10^{-5} + 0,11475 = 0,114840137 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_2} \cdot \tau_{M_2}}{\lambda} = \frac{9,01368 \cdot 10^{-5} \cdot 1,319392232 + 0,11475 \cdot 0,8}{0,114840137} = 0,800407665 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

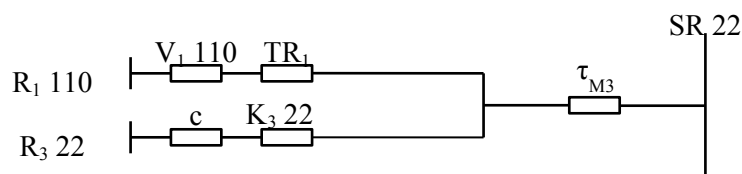
$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,114840137 \cdot 0,800407665}{8760} = 0,999989507$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,114840137 \cdot 6000 + 0,114840137 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,114840137 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} \\ &= \frac{0,114840137 \cdot 0,800407665 \cdot 6000 + 0,114840137 \cdot 0,800407665 \cdot 4000}{6000 + 4000} \\ &= 0,091918923 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} \\ &= \frac{0,114840137 \cdot 0,800407665 \cdot 6000 + 0,114840137 \cdot 0,800407665 \cdot 4000}{0,114840137 \cdot 6000 + 0,114840137 \cdot 4000} \\ &= 0,800407665 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1}) \end{aligned}$$



Obr. 7.6c Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R_2 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R_1 110 a R_3 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M3} = \lambda_{R_1 110} = 0,11475 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{K_{322}} = \frac{\lambda_{K_{22}}}{100} \cdot l_{K_{322}} = \frac{4,431}{100} \cdot 40 = 1,7724 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R_{322}} = \lambda_c + \lambda_{K_{322}} = 0,1755 + 1,7714 = 1,9479 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R_{322}} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{K_{322}} \cdot \tau_{K_{322}}}{\lambda_{R_{322}}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 1,7724 \cdot 7,129}{1,9479} = 6,705592484 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodu R_1 110 a R_3 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R_1 110} \cdot \lambda_{R_{322}} \cdot (\tau_{R_1 110} + \tau_{R_{322}})}{8760} = \frac{0,11475 \cdot 1,9479 \cdot (1,911529412 + 6,705592484)}{8760} = 0,000219876 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R_1 110} \cdot \tau_{R_{322}}}{\tau_{R_1 110} + \tau_{R_{322}}} = \frac{1,911529412 \cdot 6,705592484}{1,911529412 + 6,705592484} = 1,487496337 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_3

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M_3} = 0,000219876 + 0,11475 = 0,114969876 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_3 \cdot \tau_{M_3}}{\lambda} = \frac{0,000219876 \cdot 1,487496337 + 0,11475 \cdot 0,8}{0,114969876} = 0,801314812 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,114969876 \cdot 0,801314812}{8760} = 0,999989483$$

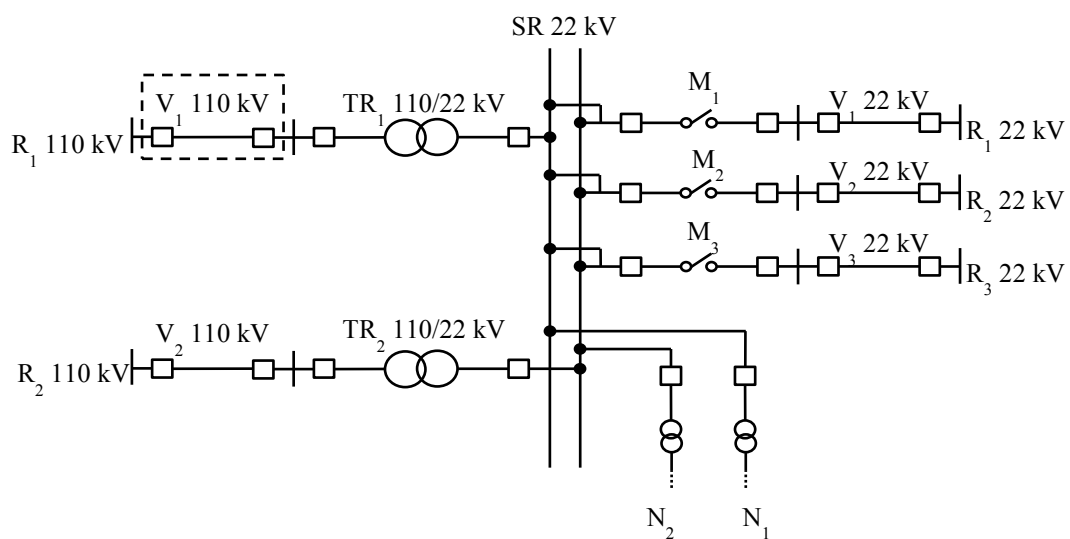
Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$\begin{aligned} SAIFI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,114969876 \cdot 6000 + 0,114969876 \cdot 4000}{6000 + 4000} \\ &= 0,114969765 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1}) \end{aligned}$$

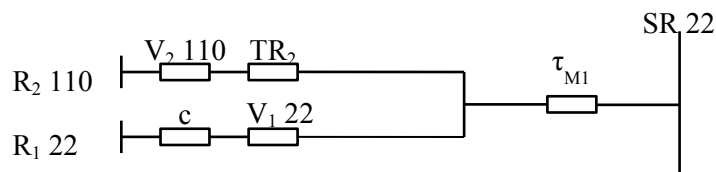
$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} \\ &= \frac{0,114969876 \cdot 0,801314812 \cdot 6000 + 0,114969876 \cdot 0,801314812 \cdot 4000}{6000 + 4000} \\ &= 0,092127064 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} \\ &= \frac{0,114969876 \cdot 0,801314812 \cdot 6000 + 0,114969876 \cdot 0,801314812 \cdot 4000}{0,114969876 \cdot 6000 + 0,114969876 \cdot 4000} \\ &= 0,801314812 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1}) \end{aligned}$$

5.2.2.2. Odstávka V_1 110



Obr. 7.7 Elektrické schéma sítě při odstávce vedení V_1 110



Obr. 7.7a Spolehlivostní schéma při odstávce vedení $R_1 110$ – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny $R_2 110$ a $R_1 22$

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M1} = \lambda_{R_2 110} = 0,11475 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V_{122}} = \frac{\lambda_{V_{22}}}{100} \cdot l_{V_{122}} = \frac{2,349}{100} \cdot 20 = 0,4698 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R_1 22} = \lambda_c + \lambda_{V_{122}} = 0,1755 + 0,4698 = 0,6453 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R_1 22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V_{122}} \cdot \tau_{V_{122}}}{\lambda_{R_1 22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,4698 \cdot 4,601}{0,6453} = 4,010435146 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodu $R_1 110$ a $R_1 22$

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R_2 110} \cdot \lambda_{R_1 22} \cdot (\tau_{R_2 110} + \tau_{R_1 22})}{8760} = \frac{0,11475 \cdot 0,6453 \cdot (2,429538462 + 4,010435146)}{8760} = 8,32566 \cdot 10^{-5} \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R_2 110} \cdot \tau_{R_1 22}}{\tau_{R_2 110} + \tau_{R_1 22}} = \frac{2,429538462 \cdot 4,010435146}{2,429538462 + 4,010435146} = 1,512973038 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_1

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M_1} = 8,32566 \cdot 10^{-5} + 0,11475 = 0,114832566 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_1} \cdot \tau_{M_1}}{\lambda} = \frac{8,32566 \cdot 10^{-5} \cdot 1,512973038 + 0,11475 \cdot 0,4}{0,175583257} = 0,40052774 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

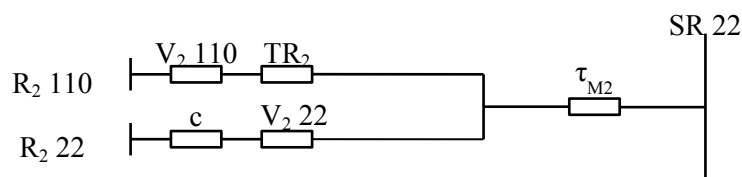
$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,175583257 \cdot 0,40052774}{8760} = 0,999991972$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,175583257 \cdot 6000 + 0,175583257 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,175583257 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,175583257 \cdot 0,40052774 \cdot 6000 + 0,175583257 \cdot 0,40052774 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,070325965 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} = \frac{0,175583257 \cdot 0,40052774 \cdot 6000 + 0,175583257 \cdot 0,40052774 \cdot 4000}{0,175583257 \cdot 6000 + 0,175583257 \cdot 4000} = 0,40052774 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$



Obr. 7.7b Spolehlivostní schéma při odstávce vedení $R_1 110$ – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny $R_2 110$ a $R_2 22$

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M2} = \lambda_{R2110} = 0,1755 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V222} = \frac{\lambda_{V222}}{100} \cdot l_{V222} = \frac{2,349}{100} \cdot 40 = 0,9396 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R222} = \lambda_c + \lambda_{V222} = 0,1755 + 0,9396 = 1,1151 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R222} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{V222} \cdot \tau_{V222}}{\lambda_{R222}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 0,9396 \cdot 4,601}{1,1151} = 4,259244552 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodu $R_2 110$ a $R_2 22$

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R2110} \cdot \lambda_{R222} \cdot (\tau_{R2110} + \tau_{R222})}{8760} = \frac{0,1755 \cdot 1,1151 \cdot (2,429538462 + 4,259244552)}{8760} = 0,000149429 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R2110} \cdot \tau_{R222}}{\tau_{R2110} + \tau_{R222}} = \frac{2,429538462 \cdot 4,259244552}{2,429538462 + 4,259244552} = 1,547067446 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_2

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M2} = 0,000149429 + 0,1755 = 0,175649429 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M_2} \cdot \tau_{M_2}}{\lambda} = \frac{0,000149429 \cdot 1,547067446 + 0,1755 \cdot 0,8}{0,175649429} = 0,800635546 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

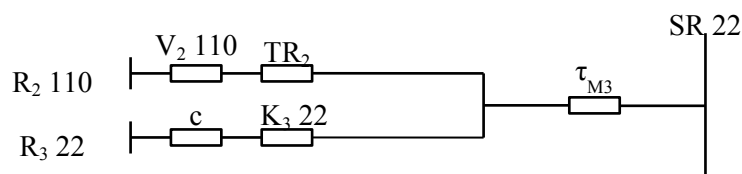
$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,175649429 \cdot 0,800635546}{8760} = 0,999983946$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,175649429 \cdot 6000 + 0,175649429 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,175649429 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1}\text{)}$$

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} \\ &= \frac{0,175649429 \cdot 0,800635546 \cdot 6000 + 0,175649429 \cdot 0,800635546 \cdot 4000}{6000 + 4000} \\ &= 0,140631176 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} \\ &= \frac{0,175649429 \cdot 0,800635546 \cdot 6000 + 0,175649429 \cdot 0,800635546 \cdot 4000}{0,175649429 \cdot 6000 + 0,175649429 \cdot 4000} \\ &= 0,800635546 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$



Obr. 7.7c Spolehlivostní schéma při odstávce vedení R_1 110 – Sledovaná rozvodna SR je napájena z rozvodny R_2 110 a R_3 22

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M3} = \lambda_{R_2 110} = 0,1755 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{K_3 22} = \frac{\lambda_{K_2 22}}{100} \cdot l_{K_3 22} = \frac{4,431}{100} \cdot 40 = 1,7724 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{R_3 22} = \lambda_c + \lambda_{K_3 22} = 0,1755 + 1,7714 = 1,9479 \text{ rok}^{-1}$$

$$\tau_{R_3 22} = \frac{\lambda_c \cdot \tau_c + \lambda_{K_3 22} \cdot \tau_{K_3 22}}{\lambda_{R_3 22}} = \frac{0,1755 \cdot 2,42953846 + 1,7724 \cdot 7,129}{1,9479} = 6,705592484 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodu R_2 110 a R_3 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R_2 110} \cdot \lambda_{R_3 22} \cdot (\tau_{R_2 110} + \tau_{R_3 22})}{8760} = \frac{0,1755 \cdot 1,9479 \cdot (2,429538462 + 6,705592484)}{8760} = 0,000356496 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R_2 110} \cdot \tau_{R_3 22}}{\tau_{R_2 110} + \tau_{R_3 22}} = \frac{2,429538462 \cdot 6,705592484}{2,429538462 + 6,705592484} = 1,783389307 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_3

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M_3} = 0,000356496 + 0,1755 = 0,175856496 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_3 \cdot \tau_{M_3}}{\lambda} = \frac{0,000356496 \cdot 1,783389307 + 0,1755 \cdot 0,8}{0,175856496} = 0,801992524 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,175856496 \cdot 0,801992524}{8760} = 0,99999839$$

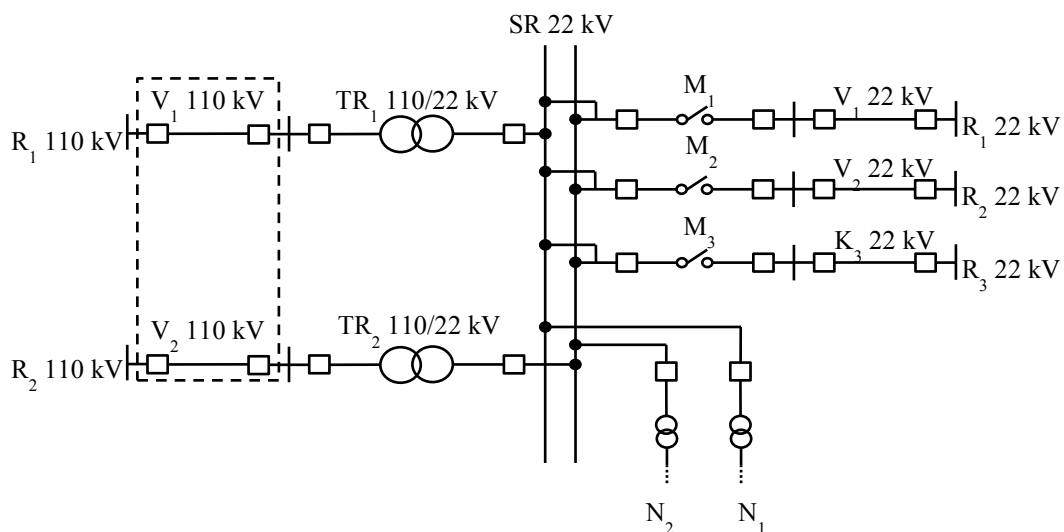
Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,175856496 \cdot 6000 + 0,175856496 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,175856496 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1}\text{)}$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{0,175856496 \cdot 0,801992524 \cdot 6000 + 0,175856496 \cdot 0,801992524 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 0,141035771 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1}\text{)}$$

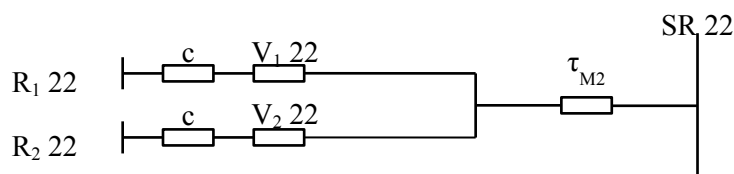
$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} = \frac{0,175856496 \cdot 0,801992524 \cdot 6000 + 0,175856496 \cdot 0,801992524 \cdot 4000}{0,175856496 \cdot 6000 + 0,175856496 \cdot 4000} = 0,801993524 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1}\text{)}$$

5.2.2.3. SOUČASNÁ ODSTÁVKA V_1 110 A V_2 110



Obr. 7.8 Elektrické schéma sítě při odstávkách vedení R_1 110 a R_2

Tato situace bude řešena podle metodiky kapitoly 7.2.1.4, tedy postupným výpočtem jednotlivých situací pro získání nejlepší volby záložních zdrojů pro dodržení nejlepší možné spolehlivosti sítě. Výsledné schéma je zakresleno v Obr. 7.8.1.



Obr. 7.8.1 Výsledné spolehlivostní schéma při odstávce obou vedení $R_1 110$ a $R_2 110$

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M2} = \lambda_{R122} = 0,6453 \text{ rok}^{-1}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvoden $R_1 22$ a $R_2 22$

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R122} \cdot \lambda_{R222} \cdot (\tau_{R122} + \tau_{R222})}{8760} = \frac{0,6453 \cdot 1,1151 \cdot (4,010435146 + 4,259244552)}{8760} = 0,000679298 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R122} \cdot \tau_{R222}}{\tau_{R122} + \tau_{R222}} = \frac{4,010435146 \cdot 4,259244552}{4,010435146 + 4,259244552} = 2,065548446 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M_2

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M2} = 0,000679298 + 0,6453 = 0,645979298 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M2} \cdot \tau_{M2}}{\lambda} = \frac{0,000679298 \cdot 2,065548446 + 0,6453 \cdot 0,8}{0,645979298} = 0,801330823 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,645979298 \cdot 0,801330823}{8760} = 0,999940908$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,645979298 \cdot 4000 + 0,645979298 \cdot 6000}{6000 + 4000}$$

$$= 0,645979298 (\text{výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{N_1 + N_2}$$

$$= \frac{0,645979298 \cdot 0,801330823 \cdot 4000 + 0,645979298 \cdot 0,801330823 \cdot 6000}{6000 + 4000}$$

$$= 0,517643122 (\text{h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}$$

$$= \frac{0,645979298 \cdot 0,801330823 \cdot 4000 + 0,645979298 \cdot 0,801330823 \cdot 6000}{0,645979298 \cdot 4000 + 0,645979298 \cdot 6000}$$

$$= 0,801330823 (\text{h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.3. MODEL 3

5.2.3.1. NORMÁLNÍ CHOD

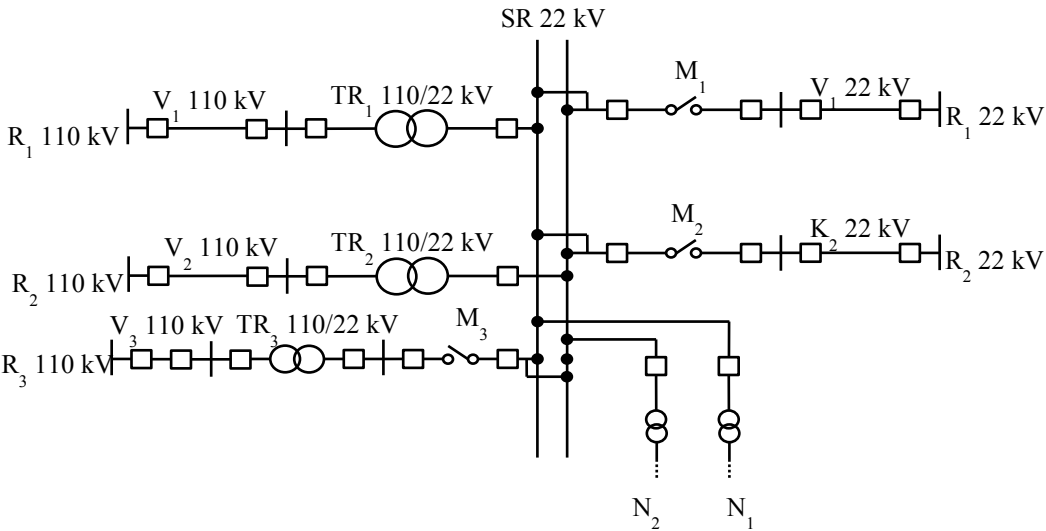
Třetí případ se zabývá opět situací napájené rozvodny SR ze dvou rozvodů 110 kV a v případě odstávky s možností zálohy ze tří rozvodů. V tomto případě jsou u všech tří záložních větví shodné délky vedení i manipulační časy, avšak jedna záloha je řešena pomocí vzdušného vedení na hladině 22 kV, druhá kabelovým vedením 22 kV a konečně třetí je vedena po hladině 110 kV. Neboť je v tomto případě metodika výpočtu shodná s předešlými, bude zde vypočten pouze normální chod sítě a pak nejvhodnější možnost zálohy při odstávce obou hlavních vedení R_1 110 a R_2 110. Předpoklad dostatečného výkonu záložních rozvodů je dodržen i v tomto případě.

Tab. 7.5 Spolehlivostní parametry prvků distribuční sítě[6]

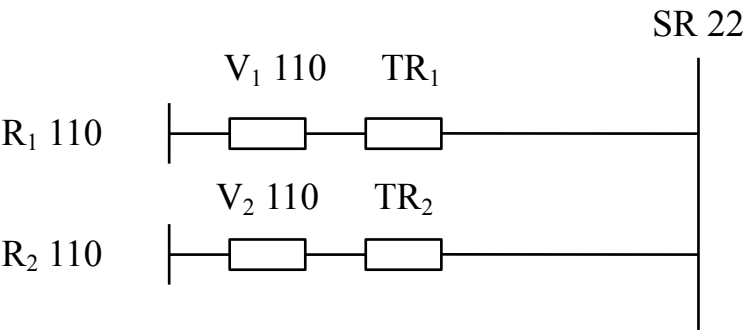
Poškozené zařízení		2000 - 2016
Kabel 22 kV	I (rok ⁻¹)	4,431
	t (h)	7,129
Vodič 22 kV	I (rok ⁻¹)	2,349
	t (h)	4,601
Vodič 110 kV	I (rok ⁻¹)	0,243
	t (h)	3,408
Transformátor vn/nn	I (rok ⁻¹)	0,006
	t (h)	5,263
Transformátor 110 kV/vn	I (rok ⁻¹)	0,054
	t (h)	0,228
Vypínač výkonový 22 kV	I (rok ⁻¹)	0,011
	t (h)	28,707
Vypínač výkonový 110 kV	I (rok ⁻¹)	0,02
	t (h)	25,992

Tab. 7.6 Stanovené a vypočtené parametry distribuční sítě

V1 110	10	km
V2 110	20	km
V1 22=K2 22=V3 110	50	km
$\tau_{M1} = \tau_{M2} = \tau_{M3}$	0,5	h
koeficient c - spolehlivost na rozvodnách 22 kV		
$\lambda_c = \lambda_{Vc} + \lambda_T$	0,1755	
$\tau_c = (\lambda_{Vc} * \tau_V + \lambda_T * \tau_T) / \lambda_c$	2,42953846	
$R_c = 1 - (\lambda_c * \tau_c) / 8760$	0,99995133	



Obr. 7.9 Základní elektrické schéma sítě



Obr 7.9a Spolehlivostní schéma základního zapojení, vycházející z elektrického schématu (Obr. 7.9)

výpočet intenzity poruch jednotlivých vedení

$$\lambda_{V_1110} = \frac{\lambda_{V110}}{100} \cdot l_{V110} = \frac{0,243}{100} \cdot 10 = 0,0243 \text{ rok}^{-1}$$

$$\lambda_{V_2110} = \frac{\lambda_{V110}}{100} \cdot l_{V2110} = \frac{0,243}{100} \cdot 20 = 0,0486 \text{ rok}^{-1}$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R₁ 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_1110} = \lambda_{V_1110} + \lambda_{T_1} = 0,0234 + 0,054 = 0,0783 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\tau_{R_1110} = \frac{\lambda_{V_1110} \cdot \tau_{V_1110} + \lambda_{T_1} \cdot \tau_{T_1}}{\lambda_{R_1110}} = \frac{0,0234 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,0783} = 1,214896552 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R_{1110} = 1 - \frac{\lambda_{R_1110} \cdot \tau_{R_1110}}{8760} = 1 - \frac{0,0783 \cdot 1,214896552}{8760} = 0,999989141$$

Sériové řazení prvků vedoucí z rozvodny R₂ 110

Intenzita poruch

$$\lambda_{R_2110} = \lambda_{V_2110} + \lambda_{T_2} = 0,0486 + 0,054 = 0,1026 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy

$$\tau_{R_2110} = \frac{\lambda_{V_2110} \cdot \tau_{V_2110} + \lambda_{T_2} \cdot \tau_{T_2}}{\lambda_{R_2110}} = \frac{0,0486 \cdot 3,408 + 0,054 \cdot 0,228}{0,1026} = 1,73415789 \text{ h}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozvodn R₁ 110 a R₂ 110

Výsledná intenzita poruch

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\lambda_{R_1110} \cdot \lambda_{R_2110} \cdot (\tau_{R_1110} + \tau_{R_2110})}{8760} = \frac{0,0783 \cdot 0,1026 \cdot (1,214896552 + 1,73415789)}{8760} \\ &= 2,70465 \cdot 10^{-6} \text{ rok}^{-1} \end{aligned}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\tau_{R_1110} \cdot \tau_{R_2110}}{\tau_{R_1110} + \tau_{R_2110}} = \frac{1,214896552 \cdot 1,73415789}{1,214896552 + 1,73415789} = 0,714432882 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 0,714432882}{8760} = 1$$

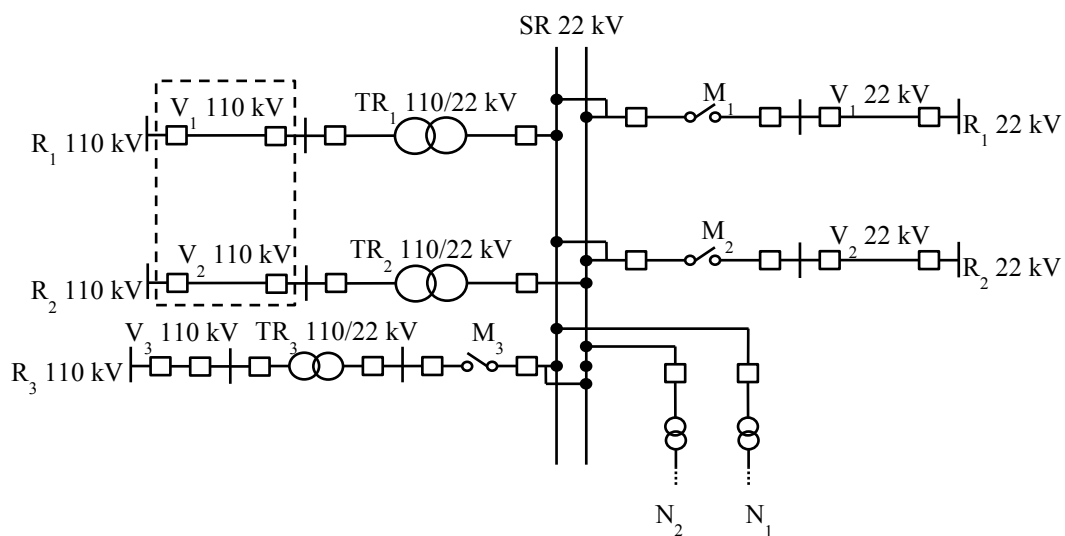
Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 + 2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 4000}{6000 + 4000} = 2,70465 \cdot 10^{-6} \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1})$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{N_1 + N_2} = \frac{2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 0,714432882 \cdot 6000 + 2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 0,714432882 \cdot 4000}{6000 + 4000} = 1,93229 \cdot 10^{-6} \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1})$$

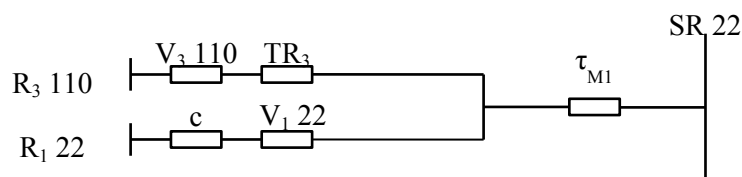
$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_1 + \lambda \cdot \tau \cdot N_2}{\lambda \cdot N_1 + \lambda \cdot N_2} = \frac{2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 0,714432882 \cdot 6000 + 2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 0,714432882 \cdot 4000}{2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 + 2,70465 \cdot 10^{-6} \cdot 4000} = 0,714432882 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1})$$

5.2.3.2. SOUČASNÁ ODSTÁVKA V₁ 110 A V₂ 110



Obr. 7.10 Elektrické schéma sítě při odstávce vedení V₁ 110 a V₂ 110

Pro obdobný postup výpočtu s předešlými případy, jak bylo zmíněno výše, zde bude uveden pouze postup výpočet a řešení pro nejvhodnější zálohu při odstávce obou hlavních zásobovacích vedení R₁ 110 a R₂ 110.



Obr. 7.10.1 Nejvýhodnější spolehlivostní schéma při odstávce obou vedení R1 110 a R2 110

Výpočet spolehlivostních parametrů

$$\lambda_{M1} = \lambda_{R3110} = 0,1755 \text{ rok}^{-1}$$

Paralelní řazení prvků vedoucích z rozveden R3 110 a R1 22

intenzita poruch paralelních větví

$$\lambda_p = \frac{\lambda_{R3110} \cdot \lambda_{R122} \cdot (\tau_{R3110} + \tau_{R122})}{8760} = \frac{0,1755 \cdot 1,35 \cdot (2,429538462 + 4,31871)}{8760} = 0,000182515 \text{ rok}^{-1}$$

Střední doba poruchy paralelních větví

$$\tau_p = \frac{\tau_{R3110} \cdot \tau_{R122}}{\tau_{R3110} + \tau_{R122}} = \frac{2,429538462 \cdot 4,31871}{2,429538462 + 4,31871} = 1,554843766 \text{ h}$$

Sériové řazení paralelních větví s manipulací M1

Výsledná intenzita poruch

$$\lambda = \lambda_p + \lambda_{M1} = 0,000182515 + 0,1755 = 0,175682515 \text{ rok}^{-1}$$

Výsledná střední doba poruchy

$$\tau = \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_{M1} \cdot \tau_{M1}}{\lambda} = \frac{0,000182515 \cdot 1,554843766 + 0,1755 \cdot 0,5}{0,175682515} = 0,501095866 \text{ h}$$

Pravděpodobnost bezporuchového chodu

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760} = 1 - \frac{0,175682515 \cdot 0,501095866}{8760} = 0,99998995$$

Výpočet globálních ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie

$$\begin{aligned} SAIFI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1}{N_1 + N_2} = \frac{0,175682515 \cdot 4000 + 0,175682515 \cdot 6000}{6000 + 4000} \\ &= 0,175682515 \text{ (výpadek} \cdot \text{rok}^{-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{N_1 + N_2} \\ &= \frac{0,175682515 \cdot 0,501095866 \cdot 4000 + 0,175682515 \cdot 0,501095866 \cdot 6000}{6000 + 4000} \\ &= 0,088033782 \text{ (h} \cdot \text{rok}^{-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i} = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot N_2 + \lambda \cdot \tau \cdot N_1}{\lambda \cdot N_2 + \lambda \cdot N_1} \\ &= \frac{0,175682515 \cdot 0,501095866 \cdot 4000 + 0,175682515 \cdot 0,501095866 \cdot 6000}{0,175682515 \cdot 4000 + 0,175682515 \cdot 6000} \\ &= 0,501095866 \text{ (h} \cdot \text{výpadek}^{-1}) \end{aligned}$$

6. HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Jak lze z výsledků pro jednotlivé modely odstávek pozorovat, každá odstávka, jakožto každý jiný zásah do základní struktury distribuční sítě sebou nese změnu spolehlivostních parametrů sítě. Proto je velice důležité takovýto zásah předem velice dobře zhodnotit, a to nejen po stránce distribuce elektrické energie jako takový, nýbrž i co se týče spolehlivosti a kvality dodávek a také po stránce ekonomické. Z jednotlivých výsledků je patrné, že nejvyšší spolehlivost má distribuční síť v základní konfiguraci, ať již pro jakýkoliv vytvořený model. Na čím nižší hladinu napětí se manipulují záložní přívody elektrické energie a čím jich je více, tím více spolehlivostní parametry klesají. Nejhorší spolehlivost má sledovaná rozvodna v konfiguraci, kdy je zásobena pouze ze záložních oblastí.

Z modelů je také možno vidět, že při výpočtu spolehlivosti hrají velkou roli všechny klasické i spolehlivostní parametry soustavy, ať již napěťová hladina, délka vedení, manipulační čas, tak v neposlední řadě také typ vedení, po kterém je elektřina přenášena.

Neboť parametr pravděpodobnosti bezporuchového chodu se nemění tak výrazně a pro laika nemá toto číslo velkou vypovídající hodnotu, je asi nejlepším řešením při vyhodnocování spolehlivosti, zaměřit se na tzv. globální ukazatele spolehlivosti, tedy SAIFI, SAIDI, případně CAIDI. Tyto hodnoty nám dokáží předat poměrně uchopitelnou představu o dopadech na zákazníka při plánování odstávek, tedy konkrétně počet výpadků za rok, dobu trvání všech ročních výpadků na zákazníka a průměrnou délku výpadku. Tyto hodnoty jsou pak dobře porovnatelné a dá se s nimi vhodně kalkulovat při nutnosti dodržování legislativního rámce.

Každý distributor si rovněž musí určit pro danou rozvodnu spolehlivostní limit, tedy virtuální minimum, pod které výsledná spolehlivost nesmí klesnout. Toto opatření se může týkat všech kategorií zákazníků z různých důvodů, od velkých finančních ztrát podniků, spolehlivou a kvalitní dodávku nemocničním zařízením, či jen spokojenost zákazníků v ubytovacích zařízeních.

Pokud výpočet pro plánovanou odstávku či odstávky tento limit překročí, měl by se vymyslet jiný optimalizační plán, který zachová spolehlivostní ukazatele v přijatelné míře nad touto hranicí. Takovýchto opatření může být několik.

- Koordinace odstávek na stejném zařízení
- Optimalizace údržbových prací
- Práce pod napětím
- Využití náhradních zdrojů energie
- Budování náhradních tras [5]

Rozhodnutí o použití některého z těchto opatření je poměrně složité, neboť zvýšené spolehlivost je vykoupena poměrně značnými finančními prostředky. Je proto na posouzení každé situace, jak si s touto problematikou v praxi poradit.

7. METODIKA VÝPOČTU NÁKLADŮ NA ODSTÁVKY

Metod pro získání vhodných nákladů je celá řada, v tomto případě bude prezentována pouze jedna základní rovnice pro získání hrubého odhadu ekonomické zatížitelnosti distributora při plánování odstávek

Činnost o provedení odstávkového provozu se dá rozdělit do čtyř základních skupin

- Vytvoření požadavku odstávky
- Zpracování požadavku
- Provedení odstávky v reálném čase
- Vyhodnocení odstávky

Každá část tohoto cyklu s sebou nese jisté náklady, které je nutno primárně sledovat

Výsledná cena a tedy celkové náklady na odstávku N_c pak tedy budou:

$$N_c = N_v + N_z + N_p + N_h \text{ (Kč)} \quad (7.1)$$

Kde

N_c – Celkové náklady na odstávku (Kč)

N_v – Náklady na vytvoření požadavku (Kč)

N_z – Náklady na zpracování požadavku (Kč)

N_p – Náklady na provedení odstávky (Kč)

N_h – Náklady na vyhodnocení odstávky (Kč)

Tato jednoduchá metodika lze použít při znalosti všech vstupních údajů při jakémkoliv plánování odstávek v elektrické soustavě. [5]

8. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo uvést čtenáře do problematiky spolehlivosti v distribuční soustavě a konkrétněji se zabývat plánovanými odstávkami a jejich vlivem na spolehlivost v těchto soustavách. Přestože tento vědní okruh je poměrně rozsáhlý, je třeba mít při práci v tomto odvětví povědomí o zákonitostech, které se zde vyskytují. Spolehlivostní schémata, potažmo výpočty, se řídí poněkud jinými pravidly, než u klasických výpočtů prováděné v elektroenergetice, proto je dobré si výsledky ověřit více metodami výpočtu, případně je vyčíslit pomocí vícero různými ukazateli.

Protože jsem nepracoval na konkrétních případech reálné sítě, jsou výsledky této práce spíše metodickou příručkou pro postup práce v oblasti spolehlivosti, ať už ukázka tvorby spolehlivostních schémat ze schémat elektrických, přes využití jistého druhu rozhodovací analýzy při postupné manipulaci na rozvodně z důvodu odstávky většího množství napáječů a zároveň zajištění nejlepších spolehlivostních parametrů sítě, až po samotné spolehlivostní výpočty.

Studentům, kteří by se rovněž chtěli věnovati odvětví spolehlivosti, případně navázat na výsledky zjištěné v této diplomové práci, bych doporučil zaměření především na ekonomické důsledky odstávek, vyčíslení finančních ztát z důvodu provánění odstávek a konečně optimalizaci a snížení těchto nákladů.

9. POUŽITÁ LITERATURA

[1] Toman P., Drápela J, Mišák S, Orságová J, Paar M., Topolánek D, Bok J., Novotný J, Škoda J. a kol, Provoz distribučních soustav, ČVUT, Praha 2011, ISBN 978-80-01-04935-8

[2] Tůma J, Rusek S, Martínek Z, Chemišinec I, Goňo R, Spolehlivost v elektroenergetice, ČVUT Praha, CONTE spol.s.r.o, IBSN 80-239-6483-6

[3] Zákon č. 458/200 Sb., dostupné na www.eru.cz

[4] www.ceps.cz

[5] Šoltys J, Disertační práce, 2014

[6] Databáze spolehlivostních parametrů při VŠB-TU Ostrava